

**TUGAS AKHIR**  
**PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN PADA PEMBANGKIT**  
**LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN**  
**ALTERNATOR MOBIL DAN**  
**GENERATOR DC**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**DEDI SETIAWAN**  
**1507220135**



**UMSU**  
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**MEDAN**  
**2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

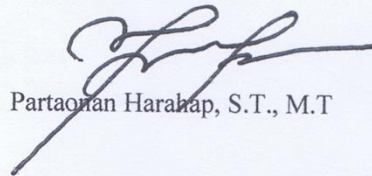
Nama : Dedi Setiawan  
NPM : 1507220135  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Perbandingan Hasil Pengujian Pada Pembangkit Listrik  
Tenaga Angin Menggunakan Alternator Mobil dan Generator  
DC

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Maret 2019

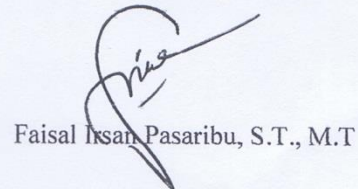
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji



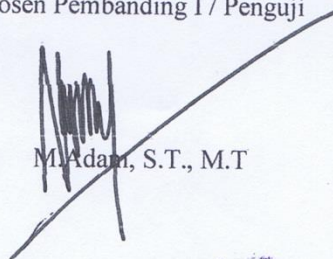
Partaon Harahap, S.T., M.T

Dosen Pembimbing II / Peguji



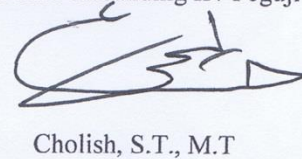
Faisal Iksan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



M. Adam, S.T., M.T

Dosen Pembanding II / Peguji



Cholish, S.T., M.T

Program Studi Teknik Elektro  
Ketua,  
  
Faisal Iksan P, S.T., M.T





## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Dedi Setiawan  
Tempat /Tanggal Lahir : Tembung 31 Agustus 1995  
NPM : 1507220135  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Perbandingan Hasil Pengujian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Alternator Mobil dan Generator DC”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 21 Maret 2019



Saya yang menyatakan,

Dedi Setiawan

## ABSTRAK

*Pada saat ini krisisnya bahan bakar fosil untuk kebutuhan sehari-hari tetapi masih banyak digunakan untuk memproduksi listrik, dimana bahan bakar tersebut jika terus digunakan akan habis dan tidak dapat diperbarui. Berdasarkan permasalahan peneliti ingin melakukan pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Angin yang termasuk energi terbarukan yang sangat alternatif dan ramah lingkungan dengan sumber pembangkit dari alam dan dapat diperbarui sebagai solusi dari habisnya bahan bakar fosil, yang akan menggunakan Alternator mobil dan Generator DC. Sehingga peneliti ingin membuat Perbandingan Hasil Pengujian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Alternator Mobil dan Generator DC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan, arus dan putaran turbin angin dari Alternator mobil dan Generator DC agar dapat mengetahui mana yang lebih efisien dan baik dipergunakan untuk perumahan yang jauh akan suplai PLN dan untuk menghemat pengeluaran biaya PLN. Hasil dari perbandingan Alternator mobil hanya bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 1,72 volt, arus rata-rata 0,42 ampere dengan putaran turbin angin rata-rata 29,6 RPM sedangkan generator DC bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 4,4 volt, arus rata-rata 2,3 ampere dengan putaran turbin angin 46,42 RPM.*

***Kata kunci : Alternator Mobil dan Generator DC***

## KATA PENGANTAR



Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur peneliti ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan peneliti dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perbandingan Hasil Pengujian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Alternator mobil dan Generator DC” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu peneliti menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Dr. Ade Faisal, ST.M.Sc. selaku Wakil Dekan 1 Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Khairul Ummurani, ST.MT selaku Wakil Dekan 3 Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST.MT selaku Ketua Prodi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, sekaligus Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan peneliti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Partaonan Harahap, ST, MT selaku Sekertaris Prodi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara sekaligus Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan peneliti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak M.Adam, S.T. MT, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada peneliti dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Cholish, S.T. MT, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada peneliti dalam

8. menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Dosen Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
10. Orang tua peneliti: Supriadi dan Painem, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi peneliti.
11. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
12. Sahabat-sahabat peneliti: Heri Pradana, Irwansyah, Muhammad Murdani, Purnomo, Imam Rizki dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu peneliti berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan peneliti di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Elektro/Mesin/Sipil.

Medan, 21 Maret 2019

Dedi Setiawan

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
1.6. Sistematika Penulis	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Kajian pustaka	5
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Angin	6
2.3. Komponen utama pembangkit listrik tenaga angin	6
2.3.1. Turbin Angin	7
2.3.2. Baling-baling	9
2.3.3. Battery (Aki)	10
2.3.4. Inverter	10
2.3.5. Pitch	10
2.3.6. Rotor	10
2.3.7. Wind Direction	10
2.3.8. Low speed shaft	10
2.3.9. Break	10
2.3.10. Gear Box	10
2.3.11. Yaw Drive	11
2.3.12. Controller	11
2.3.13. Yaw motor	11
2.3.14. Tower	11
2.3.15. High speed shaft	11
2.3.16. Nacelle	11
2.3.17. Wind Vane	12
2.4. Faktor Terjadinya Angin	12
2.5. Sifat – sifat angin	13
2.6. Energi Angin	13
2.7. Energi Kinetik Angin	14
2.8. Jenis-jenis Angin	15

2.8.1. Angin laut dan Angin darat	15
2.8.2. Angin lembah	16
2.8.3. Angin Musim	16
2.8.4. Angin permukaan	16
2.8.5. Angin topan	17
2.9. Konsep Dasar Sistem Konversi Energi Listrik	17
2.10. Densitas Massa	18
2.11. Potensi Angin Berdasarkan Kecepatan Angin di Indonesia	19
2.12. Prinsip Kerja dan Kontruksi Turbin Angin	19
2.13. Alternator	20
2.13.1. Bagian-bagian Alternator Mobil	20
2.13.2. Rangkaian Sistem Pengisian	23
2.13.3. Prinsip Kerja Alternator	23
2.13.4. Cara Kerja Alternator mobil	24
2.14. Generator	25
2.14.1. Generator AC	25
2.14.1.1. Kontruksi Generator AC	26
2.14.1.2. Prinsip Kerja Generator AC	26
2.14.2. Generator DC	26
2.14.2.1. Kontruksi Generator DC	28
2.14.2.2. Prinsip Kerja Generator DC	29
2.14.2.3. Karakteristik Genertaor DC Pengukuran Kompon dan Efisiensi Generator DC	29
2.15. Tegangan Listrik	31
2.15. Alat Ukur Tegangan	32
2.16. Arus Listrik	32

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Waktu dan Tempat	35
3.2 Peralatan dan Bahan	35
3.2.1. Peralatan Penelitian	35
3.2.2. Bahan Penelitian	35
3.3 Metodologi Penelitian	37
3.3.1. Studi literature	38
3.4 Rangkaian Pengukuran Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Alternator Mobil	38
3.5 Rangkaian pengukuran Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Generator DC	39
3.6 Diagram Blok	40
3.7 Diagram Alir Penelitia	40

### **BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Deskripsi Umum	43
4.2 Hasil Pengujian Pembangkit listrik Tenaga Angin Menggunakan Alternator Mobil	43
4.3 Hasil Pengujian Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Generator DC	45



<b>BAB 5</b>	<b>PENUTUP</b>	
5.1.	Kesimpulan	50
5.2.	Saran	51
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>52</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>		

## DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
4.1 Hasil pengujian pertama pembangkit listrik tenaga angin menggunakan alternator mobil	45
4.2 Hasil pengujian kedua pembangkit listrik tenaga angin menggunakan generator DC	46
4.3 Perbandingan Hasil pengujian Tegangan pada Alternator mobil dan Generator DC	48
4.4 Perbandingan hasil pengujian Arus keluaran pada Alternator mobil dan Generator DC	49
4.5 Hasil Perbandingan Putaran Turbin Angin pada Alternator mobil dan Generator DC	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1    Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Angiin	7
2.2    Turbin Angin Sumbu Horizontal	8
2.3    Turbin Angin Sumbu Vertikal	9
2.4    Bagian-bagian Turbin angin	12
2.5    Sirkulasi udara pantai	13
2.6    Arah angin permukaan dan pusat tekanan atmosfer (ITCZ)	17
2.7    Alternator mobil	20
2.8    Dioda ( Rectifier ) Pada Alternator	22
2.9    Rangkaian Sistem Pengisian	23
2.10   Rangkaian Cara Kerja Alternator	24
2.11   Generator AC	25
2.12   Kontruksi Generator AC	26
2.13   Kontraksi Generator DC	28
2.14   Rotor dan Stator	29
2.15   Karekteristik Berbeban Generator Kompon Secara Teoritis	29
2.16   Rangkaian Generator Kompon Panjang	30
2.17   Rangkaian Generator Kompon Pendek	31
2.18   Tegangan listrik DC dan Tegangan listrik AC	32
2.19   Arah arus listrik dan arah gerakan electron	33
3.1    Alternator Kijang Super	35
3.2    Generator DC	37
3.3    Rangkaian Percobaan pada Alternator Mobil	38
3.4    Rangkaian Percobaan Pada Generator DC	39
3.5    Diagram Blok Alat PLTA Angin menggunakan alternator mobil	40
3.6    Diagram Blok Alat PLTA Angin menggunakan generator DC	40
3.7    Diagram Alir	43
4.1    Grafik Perbandingan Tegangan Alternator mobil dan Generator DC	48
4.2    Grafik Perbandingan Arus pada Alternator mobil dan Generator DC	49
4.3    Grafik Perbandingan putaran turbin angin pada alternator mobil dan generator DC	50

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 LATAR BELAKANG**

Di Indonesia alam banyak memberikan energi yang dapat dimanfaatkan menjadi energi yang sangat alternatif, salah satunya adalah energi angin. Energi angin salah satu energi baru terbarukan yang tidak akan pernah habis dan harus dikembangkan di Indonesia karena Negara Indonesia memiliki potensi penghasil energi angin yang relatif stabil, Dengan menggunakan kincir angin kita dapat mengubahnya menjadi energi listrik yang sangat diperlukan bagi kebutuhan manusia sehari-hari.

Krisisnya energi saat ini mengajarkan kepada kita masalah serius dan sistematis untuk mengembangkan dan menerapkan sumber energi baru terbarukan untuk mengurangi ketergantungan kita terhadap bahan bakar fosil yang semakin lama akan semakin habis. Jadi untuk menghemat sumber energi listrik yang berbahan bakar fosil kita bisa memanfaatkan tenaga angin untuk memutar alternator yang cara kerjanya mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, yang nantinya energi listrik akan digunakan manusia dan energi listrik tenaga angin ini tidak menimbulkan polusi dan ramah lingkungan yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.

Pada penelitian sebelumnya permasalahan yang timbul adalah bagaimana caranya supaya energi yang dihasilkan oleh angin dapat dimanfaatkan dengan maksimal dengan bertujuan untuk bagaimana memanfaatkan alternator mobil sebagai pembangkit listrik tenaga angin. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengamatan dari pemanfaatan alternator mobil sebagai pembangkit listrik tenaga angin, alternator mobil dapat mengeluarkan tenaga listrik DC dengan memanfaatkan tenaga angin. Dengan kecepatan angin sebesar 5,7 m/det sampai dengan 6,3 m/det akan memutar baling-baling yang menghasilkan kecepatan putaran alternator sebesar 120 rpm sampai dengan 210 rpm dan tegangan keluaran Prata-rata sebesar 10,64 volt, arus sebesar 3,8 ampere, sehingga energi yang dikeluarkan perjam sebesar 40,4 Watt /jam.(Setiono, 2006)

Pada sebuah *prototype* yang dapat digunakan sebagai referensi pemanfaatan sumber energi angin untuk menghasilkan energi listrik. Rancangan *prototype* ini menggunakan baling-baling yang terkopel dengan generator dan sistem utama yaitu sensor *rotary encoder*, sensor arus dan sensor tegangan. Untuk prosesnya menggunakan modul *arduino Uno* dan penyimpanan data menggunakan modul data *logger*. Sedangkan untuk pengambilan data menggunakan sepeda motor dengan memanfaatkan tekanan angin pada saat sepeda motor berjalan. Hasil pengujian didapatkan persamaan hubungan antara perbandingan tegangan uji dengan tegangan perhitungan terhadap kecepatan putaran rotor generator, yaitu  $y_{uji} = 0,007x + 0,004$  dan  $y_{perhitungan} = 0,011x - 2,844$  dengan persentase rata-rata eror adalah 15,04% untuk persamaan hubungan antara perbandingan arus uji dengan arus perhitungan terhadap kecepatan putaran rotor pada generator, yaitu  $y_{uji} = 0,000x + 0,0415$  dan  $y_{perhitungan} = 0,002x - 0,498$  dengan persentase rata-rata eror adalah 31,09%. Untuk hubungan kecepatan putaran rotor generator terhadap kecepatan sepeda motor (untuk kecepatan sepeda motor = 30 km/jam) didapatkan persamaan  $y = 25,40x - 342,9$ . (Soedjarwanto & Samosir 2014)

Dari uraian diatas mendorong peneliti untuk mencoba membandingkan alternator mobil dengan generator DC sebagai pembelajaran dan agar dapat memilih yang mana lebih baik digunakan untuk pembangkit listrik tenaga angin yang dapat dipergunakan untuk kehidupan sehari-hari. Sehingga peneliti mengambil judul dalam penelitian ini yaitu **“PERBANDINGAN HASIL PENGUJIAN PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN MENGGUNAKAN ALTERNATOR MOBIL DAN GENERATOR DC”**

## 1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian ini akan membahas rumasan masalah yang dapat diangkat pada tugas akhir adalah :

1. Bagaimana proses pengujian alternator mobil dan generator DC dengan menghitung tegangan ?
2. Seberapa besar arus keluaran yang dihasilkan oleh alternator mobil dengan generator DC ?

3. Seberapa besar putaran turbin angin yang dihasilkan antara alternator mobil dan generator DC ?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

adapun tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui proses pengujian tegangan yang dilakukan pada alternator mobil dan generator DC.
2. Mengetahui arus keluaran yang dihasilkan oleh alternator mobil dengan generator DC.
3. Mengetahui kecepatan putaran turbin angin yang dihasilkan oleh alternator mobil dengan generator DC.

### **1.4 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah ini meliputi sebagai berikut :

1. Pembahasan hanya menguji tegangan pada alternator mobil dan generator DC.
2. Pembahasan hanya menguji arus keluaran yang dihasilkan alternator mobil dan generator DC.
3. Pembahasan hanya membandingkan kecepatan putaran turbin angin yang dihasilkan oleh alternator mobil dengan generator DC.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian bagi mahasiswa dan masyarakat :

1. Dapat mengetahui perbandingan potensi energi angin melalui proses keluaran dari alternator mobil dengan generator DC.
2. Dapat mengetahui proses terjadinya pengujian tegangan pada alternator dan generator DC.
3. Bagi penemuan penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi mahasiswa untuk menambah pengetahuan yang berkaitan dengan perbandingan hasil pengujian pada PLTA (Angin) menggunakan alternator mobil dan generator DC. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat dijadikan landasan empiris atau kerangka acuan bagi mahasiswa teknik elektro selanjutnya.



4. Bagi masyarakat sebagai titik acuan bahwa alat yang ditemukan ini bisa digunakan bagi masyarakat untuk pengganti sumber energi cadangan ketika PLN padam.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah pembahasan dan pemahaman, maka sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang penyusunan Tugas Akhir, latar belakang, rumusan masalah, tujuan masalah dan batasan masalah, manfaat penulisan, serta sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan konsep teori yang menunjang kasus Tugas Akhir, memuat tentang dasar teori yang digunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang akan diteliti yaitu komponen-komponen utama PLTA ( Angin ) dan perbandingan alternator mobil dan generator DC.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini akan menerangkan mengenai alat-alat, bahan dan lokasi dilaksanakannya pembuatan, pengujian alat, jadwal pengujian, serta jalannya alat.

### **BAB 4 ANALISA DAN HASIL PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai analisa data dan perbandingan yang dihasilkan.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini memuat tentang kesimpulan dari seluruh hasil pengujian tegangan dan arus keluaran alternator terhadap kecepatan angin dan juga saran-saran yang berhubungan dengan tugas akhir.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian sistem pembangkit listrik tenaga angin skala kecil pada bangunan bertingkat. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh seperangkat pembangkit listrik tenaga angin dengan kincir tipe horizontal dengan memanfaatkan ketinggian gedung. Dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Hasil pengukuran kecepatan angin untuk lokasi penempatan di depan gedung laboratorium Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar diperoleh rata-rata kecepatan angin sebesar 1,53 m/s dan tidak mampu menghasilkan tegangan keluaran, sedangkan untuk lokasi penempatan kincir angin diatas gedung lantai 4 Fakultas Ekonomi Universitas Tidar rata-rata kecepatan angin yang diperoleh 5,52 m/s dan dapat menghasilkan tegangan keluaran 78,47 volt AC. Generator akan menghasilkan tegangan keluaran minimal kecepatan angin sebesar 2,5 m/s. Daya maksimal yang dihasilkan 172 watt dengan efisiensi daya inverter sebesar 80% atau 138,24 watt. (Nawawi & Fatkhurrozi, 2017).

Pada penelitian sebelumnya tentang perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin *ventilator* sebagai penggerak generator yang memanfaatkan kecepatan angin sebagai penggeraknya. *Output* generator diolah dengan menggunakan modul MT3608 Untuk pengujian alat, kecepatan angin yang dipakai dari kecepatan angin 0 m/s sampai dengan 6 m/s. keluaran maksimal alat ini dengan kecepatan angin 6 m/s dengan 7,46 volt (Wibawa & Trisnawati, 2017).

Pada penelitian sebelumnya tentang analisa tegangan keluaran alternator mobil sebagai pembangkit energi listrik alternatif. Penelitian ini melakukan perbandingan tegangan alternator sebelum modifikasi dengan keluaran alternator setelah dimodifikasi. Modifikasi alternator dilakukan dengan metode variasi beban. Berdasarkan hasil Pengukuran alternator pada putaran 1100 RPM menghasilkan tegangan 4,57 volt sebelum dilakukan modifikasi selanjutnya setelah dilakukan modifikasi menghasilkan 14,56 volt. Analisa hasil yang diperoleh menghasilkan selisih rata-rata sebesar 2,8% sehingga dapat ditarik

kesimpulan bahwa modifikasi belum mencapai hasil yang maksimal (Lubis, 2018).

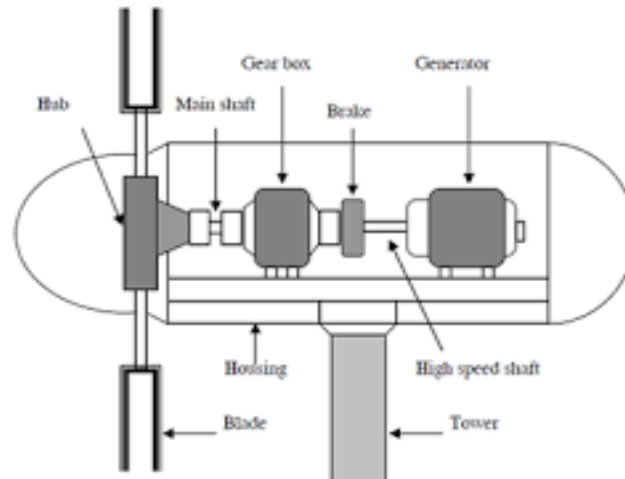
Pada penelitian selanjutnya tentang perancang pembangkit listrik kincir angin menggunakan generator dinamo drillini terhadap empat sumbu horizontal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara kerja pembangkit listrik tenaga kincir angin sehingga dapat menghasilkan listrik. Metode yang digunakan antara lain studi literatur yaitu mencari buku, modul yang berkaitan dengan judul penelitian, pengumpulan alat dan bahan, perancangan, pengujian alat dan pengambilan data. Dari hasil pengujian satu kincir angin mampu menghasilkan tegangan 0,76 volt dengan kecepatan angin high, maka kami berinisiatif menambah kincir menjadi empat yang dihubungkan secara seri yang bertujuan menambah tegangan yang dicapai. Dari hasil pengukuran menggunakan empat kincir mendapat hasil tegangan sebesar 2,46 volt dengan kecepatan angin high. (Adriani, 2018)

## **2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin ( PLTA )**

Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang memerlukan angin untuk memutar turbin angin yang akan menghasilkan energi listrik. Sistem pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi adalah sistem alternatif yang sangat berkembang pesat dan angin merupakan salah satu energi yang terbarukan dan tidak terbatas di alam.

## **2.3 Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

Pembangkit listrik tenaga angin umumnya terdapat mesin pembangkit listrik yang mempunyai bagian penting diantaranya turbin angin dengan bagian komponen utama baling-baling kipas (*blades*), penghubung baling-baling kipas dengan poros mesin (*hub*), transmisi pemercepat putaran poros (*gearbox*), suatu pengarah penyimpangan untuk memutar menara (*Nacelle*), mesin pembangkit listrik (*generator*), dan menara (*tower*).



**Gambar 2.1** Komponen Utama Pembangkit Listrik Tenaga Angin

(Sumber: Mathew, 2017)

### 2.3.1 Turbin Angin

#### a. Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

Turbin angin sumbu horizontal (TASH) memiliki poros rotor utara dan generator listrik di puncak menara. Turbin ukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang digandengkan kesebuah servor motor. Sebagian besar memiliki sebuah *gearbox* yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar.

Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin *upwind* (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin.



**Gambar 2.2** Turbin Angin Sumbu Horizontal

*(Sumber: ugmmagatrika.wordpress)*

#### **b. Turbin Angin Sumbu Vertikal**

Turbin angin sumbu vertikal/tegak (TASV) memiliki poros/sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Kelebihan utama susunan ini adalah turbin tidak harus diarahkan ke angin agar menjadi efektif. Kelebihan ini sangat berguna di tempat-tempat yang arah anginnya sangat bervariasi. VAWT mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah. Dengan sumbu yang vertikal, generator serta gearbox bisa ditempatkan di dekat tanah, jadi menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. *Drag* (gaya yang menahan pergerakan sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar. Karena sulit dipasang di atas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah, sehingga yang tersedia adalah energi angin yang sedikit. Aliran udara di dekat tanah dan obyek yang lain mampu menciptakan aliran yang bergolak, yang bisa menyebabkan berbagai permasalahan yang berkaitan dengan getaran, diantaranya

kebisingan dan *bearing wear* yang akan meningkatkan biaya pemeliharaan atau mempersingkat umur turbin angin. Jika tinggi puncak atap yang dipasang menara turbin kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan turbulensi angin yang minimal.



**Gambar 2.3** Turbin Angin Sumbu Vertikal

(Sumber: [id.wikipedia.org](http://id.wikipedia.org))

### 2.3.2 Baling-Baling

Baling-baling merupakan bagian utama pada turbin angin yang berfungsi untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi penggerak untuk generator. Bila baling-baling memiliki jari-jari  $R$  dilewati angin dengan kecepatan  $v$ , maka daya yang dihasilkan oleh turbin angin tersebut dapat ditentukan dengan rumus daya:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot C_p \cdot A \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- P : Daya (watt)
- $\rho$  : Kerapatan udara ( $\text{kg/m}^3$ )
- $v$  : Kecepatan angin (m/s)
- $C_p$  : Power constant
- A : Jari-jari (m)



### **2.3.3 Battery (Aki)**

Bagian ini akan menyimpan arus listrik yang di hasilkan oleh generator listrik agar bisa di gunakan setiap saat. Jenis aki sebaiknya jenis *Deep Cycle Battery*.

### **2.3.4 Inverter**

Bagian ini merupakan alat yang mengubah tegangan listrik DC 12V dari aki menjadi tegangan listrik AC 220V / 110V untuk peralatan rumah tangga yang bekerja pada tegangan 220V / 110V.

### **2.3.5 Pitch**

*Blades* yang terbalik, atau nada, dari angin untuk mengontrol dan kecepatan kontrol dan menjaga rotor berputar dalam angin yang terlalu tinggi atau terlalu rendah untuk menghasilkan listrik.

### **2.3.6 Rotor**

Pisau yang terhubung bersama-sama dan untuk membangkitkan medan magnet di sebut rotor.

### **2.3.7 Wind Direction**

Ini adalah turbin pertama yang di sebut karena beroperasi melawan angin. Turbin lainnya di rancang hanya untuk menjalankan melawan arah angin, menghadap jauh dari angin.

### **2.3.8 Low Speed Shaft**

Mengubah poros rotor kecepatan rendah sekitar 30-60 rotasi per menit.

### **2.3.9 Break**

Digunakan untuk menjaga putaran pada poros setelah gearbox agar bekerja pada titik aman saat terdapat angin yang besar. Alat ini perlu di pasang karena generator memiliki titik kerja aman dalam pengoperasiannya.

### 2.3.10 Gear Box

Menghubungkan poros kecepatan tinggi di poros kecepatan rendah dan meningkatkan kecepatan sekitar 30-60 rotasi per menit (rpm), sekitar 1000-1800 rpm, kecepatan rotasi yang di perlukan oleh sebagian besar generator untuk menghasilkan listrik. Gear box adalah bagian mahal dan berat dari turbin angin dan insinyur generator mengeksplorasi *direct-drive* yang beroperasi pada kecepatan rotasi yang lebih rendah dan tidak perlu kotak gigi.

### 2.3.11 Yaw Drive

Berfungsi untuk menjaga rotor menghadap ke arah angin sebagai perubahan arah angin.

### 2.3.12 Controller

Pengontrollan mesin mulai dari kecepatan angin sekitar 8-16 mil jam (mph) dan menutup mesin turbin sekitar 55 mph. Tidak beroperasi pada kecepatan angin sekitar 55 mph di atas, karena dapat rusak karena angin yang kencang.

### 2.3.13 Yaw Motor

Kekuatan dari drive Yaw. Penyimpanan energi battery karena keterbatasan kesediaan akan energi angin (tidak sepanjang hari angin akan tersedia) maka ketersediaan listrik pun tidak menentu. Oleh karena itu, di gunakan alat penyimpanan energi yang berfungsi sebagai *back-up* energi listrik. Ketika beban listrik meningkat maka permintaan daya listrik akan terpenuhi.

### 2.3.14 Tower

Menara yang terbuat dari baja tabung, beton atau kisi baja. Karena kecepatan angin meningkat dengan tinggi, menara tinggi memungkinkan turbin untuk menangkap lebih banyak energi dan menghasilkan listrik lebih banyak.

### 2.3.15 High-Speed Shaft

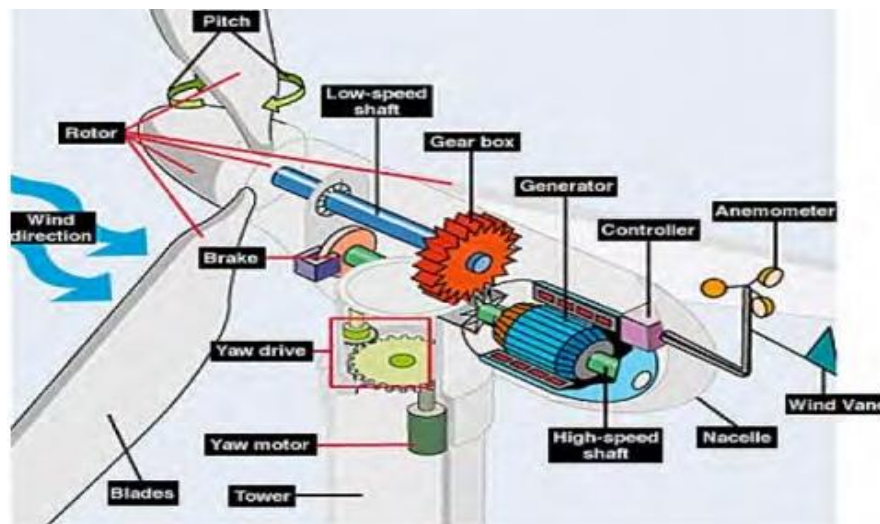
*Drive* generator yang menggunakan poros berkecepatan tinggi.

### 2.3.16 Nacelle

Berada di atas menara dan berisi gear box, poros kecepatan rendah dan tinggi, generator, kontrol dan rem.

### 2.3.17 Wind Vane

Tindakan arah angin dan berkomunikasi dengan yaw drive untuk menggerakkan turbin dengan koneksi yang benar dengan angin.



**Gambar 2.4** Bagian-bagian Turbin angin

(Sumber: [id.wikipedia.org](http://id.wikipedia.org))

## 2.4 Faktor Terjadinya Angin

Dalam proses terjadinya angin dipengaruhi oleh beberapa faktor yang menyebabkan angin dapat muncul antara lain sebagai berikut :

- Gradient barometris, adalah bilangan yang menampilkan adanya perbedaan tekanan udara dari dua isobar pada jarak 111 km. dimana semakin besar gradient barometris maka semakin cepat pula tiupan angin.
- Letak tempat angin yang lebih cepat berada pada garis katulistiwa, dari pada yang jauh garis katulistiwa.
- Tinggi rendahnya tempat atau lokasi dapat mempengaruhi energi angin karena semakin tinggi tempat tersebut maka semakin kencang angin yang terhembus, dan sebaliknya. Hal ini dapat terjadi karena disebabkan oleh pengaruh gaya gesek yang dapat menghambat laju kecepatan udara.

Pada permukaan yang tidak merata seperti gunung, pohon dan tempat lainnya memberikan gaya gesekan yang besar pula.

- d. Waktu disiang hari angin bergerak lebih cepat dari pada malam hari

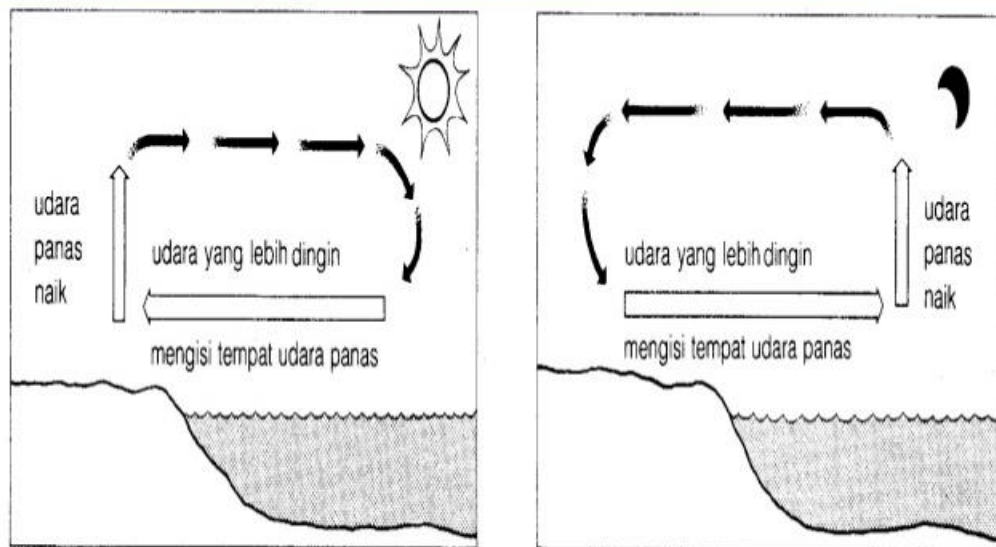
## 2.5 Sifat-Sifat Angin

Angin memiliki beberapa sifat diantaranya adalah sebagai berikut :

- Angin dapat mempercepat pendinginan dari benda-benda panas.
- Angin dapat menimbulkan tekanan yang dihasilkan dari permukaan yang menentang atau menghalangi arah laju angin tersebut.
- Kecepatan angin yang bervariasi berpinda dari suatu tempat ketempat yang lain, dan dari waktu ke waktu.

## 2.6 Energi Angin

Angin merupakan bentuk tidak langsung dari energi matahari karena angin terjadi oleh adanya pemanasan tak merata pada permukaan bumi. Angin yang bergerak diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Tekanan udara yang memuai massa jenisnya menjadi lebih ringan sehingga naik dan apabila hal ini terjadi, maka tekanan udara akan turun. Aliran naiknya udara panas dan turunnya udara dingin ini dikarenakan konveksi. (Buyung, 2017)



**Gambar 2.5** Sirkulasi udara pantai

(Sumber: *slideshare.net*)

## 2.7 Energi Kinetik Angin

Energi kinetik angin merupakan energi alternatif yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan kembali. Proses pemanfaatan energi melalui dua tahapan konversi yaitu :

- a. Aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin bertiup.
- b. Putaran rotor dihubungkan dengan generator sehingga dapat dihasilkan listrik.

Dengan demikian energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu-sudu kincir angin. Untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung energi angin dengan formula, (Nawir & Sune, 2015)

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- E : Energi Kinetik (Joule)  
 m : Massa Udara (Kg)  
 v : Kecepatan Angin (m/det)

Untuk mendapatkan massa udara dimisalkan satu blok udara mempunyai penampang dengan luas A ( $m^2$ ), dan bergerak dengan kecepatan v (m/det), maka massa udara adalah yang melewati suatu tempat adalah :

$$m = A \cdot v \cdot \rho \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- m : massa udara yang mengalir (kg/det)  
 A : Penampang ( $m^2$ )  
 v : Kecepatan Angin (m/det)  
 $\rho$  : Kerapatan Udara ( $kg/m^3$ )

Dengan persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan energi angin yaitu :

$$P = \frac{1}{2} A \cdot v^3 \cdot \rho \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

- P : Daya yaitu energi per satuan waktu (watt)  
 A : Luas Penampang ( $m^2$ )  
 v : Kecepatan Angin (m/det)  
 $\rho$  : Kerapatan Udara ( $kg/m^3$ )

## 2.8 Jenis-jenis Angin

Angin timbul akibat sirkulasi di atmosfer yang dipengaruhi oleh aktivitas matahari dalam menyinari bumi yang berotasi. Dengan demikian, daerah khatulistiwa akan menerima energi radiasi matahari lebih banyak daripada di daerah kutub, atau dengan kata lain, udara di daerah khatulistiwa akan lebih tinggi dibandingkan dengan udara di daerah kutub. Perbedaan berat jenis dan tekanan udara inilah yang akan menimbulkan adanya pergerakan udara. Pergerakan udara inilah yang didefinisikan sebagai angin. Gambar 2.5 merupakan pola sirkulasi pergerakan udara akibat aktivitas matahari dalam menyinari bumi dan rotasi.

### 2.8.1 Angin Laut dan Angin Darat

Angin laut adalah angin yang timbul akibat adanya perbedaan suhu antara daratan dan lautan. Seperti yang kita ketahui bahwa sifat air dalam melepaskan panas dari radiasi sinar matahari lebih lambat dari pada daratan, sehingga suhu di laut pada malam hari akan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu di daratan. Semakin tinggi suhu, tekanan udara akan semakin rendah. Akibat adanya perbedaan suhu ini akan menyebabkan terjadinya perbedaan tekanan udara di atas daratan dan lautan. Hal inilah yang menyebabkan angin akan bertiup dari arah darat ke arah laut. Sebaliknya, pada siang hari dari pukul 09.00 sampai dengan pukul 16.00 angin akan berhembus dari laut ke darat akibat sifat air yang lebih lambat menyerap panas matahari.



### **2.8.2 Angin Lembah**

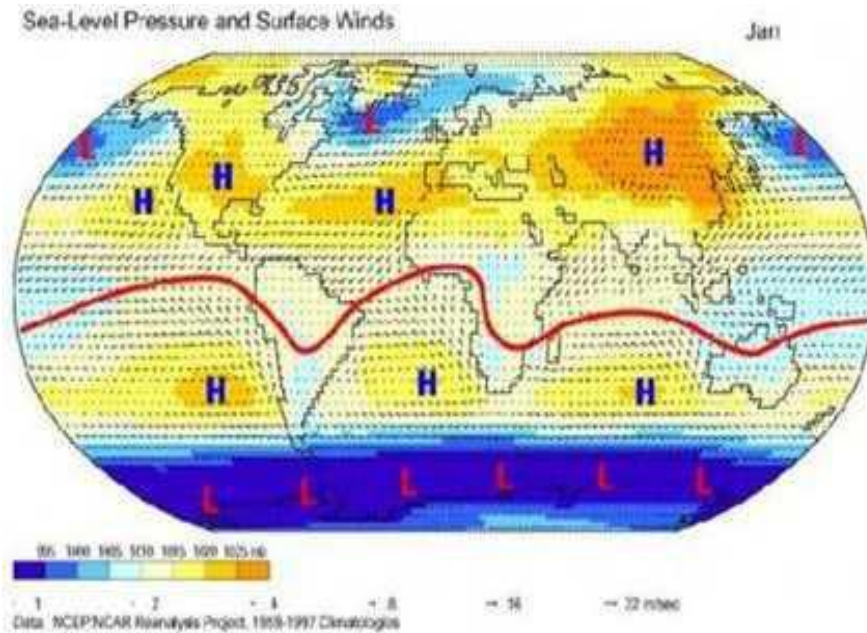
Angin lembah adalah angin yang bertiup dari arah lembah ke arah puncak gunung yang biasa terjadi pada siang hari. Prinsip terjadinya hampir sama dengan terjadinya angin darat dan angin laut yaitu akibat adanya perbedaan suhu antara lembah dan puncak gunung.

### **2.8.3 Angin Musim**

Angin musim dibedakan menjadi 2, yaitu angin musim barat dan angin musim timur. Angin Musim Barat/Angin Muson Barat adalah angin yang mengalir dari Benua Asia (musim dingin) ke Benua Australia (musim panas). Apabila angin melewati tempat yang luas, seperti perairan dan samudra, maka angin ini akan mengandung curah hujan yang tinggi. Angin Musim Barat menyebabkan Indonesia mengalami musim hujan. Angin ini terjadi pada bulan Desember, Januari dan Februari, dan maksimal pada bulan Januari dengan kecepatan minimum 3 m/s.

### **2.8.4 Angin Permukaan**

Kecepatan dan arah angin ini dipengaruhi oleh perbedaan yang diakibatkan oleh material permukaan Bumi dan ketinggiannya. Secara umum, suatu tempat dengan perbedaan tekanan udara yang tinggi akan memiliki potensi angin yang kuat. Ketinggian mengakibatkan pusat tekanan menjadi lebih intensif. Selain perbedaan tekanan udara, material permukaan bumi juga mempengaruhi kuat lemahnya kekuatan angin karena adanya gaya gesek antara angin dan material permukaan bumi ini. Disamping itu, material permukaan bumi juga mempengaruhi kemampuannya dalam menyerap dan melepaskan panas yang diterima dari sinar matahari. Sebagai contoh, belahan Bumi utara didominasi oleh daratan, sedangkan selatan sebaliknya lebih didominasi oleh lautan. Hal ini saja sudah mengakibatkan angin di belahan Bumi utara dan selatan menjadi tidak seragam. Gambar 2.6 menunjukkan tekanan udara dan arah angin bulanan pada permukaan Bumi dari tahun 1959-1997. Perbedaan tekanan terlihat dari perbedaan warna. Biru menyatakan tekanan rendah, sedangkan kuning hingga oranye menyatakan sebaliknya. Arah dan besar angin ditunjukkan dengan arah panah dan panjangnya.



**Gambar 2.6** Arah angin permukaan dan pusat tekanan atmosfer (ITCZ).

(Sumber: [konversi.wordpress.com](http://konversi.wordpress.com))

### 2.8.5 Angin Topan

Angin topan adalah pusaran angin kencang dengan kecepatan angin 120 km/jam atau lebih yang sering terjadi di wilayah tropis di antara garis balik utara dan selatan. Angin topan disebabkan oleh perbedaan tekanan dalam suatu sistem cuaca. Di Indonesia dan daerah lainnya yang sangat berdekatan dengan khatulistiwa, jarang sekali dilewati oleh angin ini. Angin paling kencang yang terjadi di daerah tropis ini umumnya berpusar dengan radius ratusan kilometer di sekitar daerah sistem tekanan rendah yang ekstrem dengan kecepatan sekitar 20 Km/jam.

## 2.9 Konsep Dasar Sistem Konversi Energi Listrik

Dalam suatu sistem konversi energy angin yang bertujuan untuk mengubah energy potensial angin menjadi energy mekanik poros oleh rotor kemudian diubah lagi oleh alternator menjadi listrik. Dalam prinsip utamanya adalah mengubah energi kinetik yang dimiliki angin menjadi energi kinetik poros. Besar energi yang diperoleh dapat ditransferkan ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area rotor dan kecepatan angin. Hal ini akan dibahas dalam persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{1}{2}mv^2(NM) \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :                    m = massa udara yang bergerak (kg)  
                                   v = Kecepatan angin (m/s)

Energi kinetik yang terkandung dalam angin inilah yang ditangkap oleh turbin angin untuk memutar rotor, dengan menganggap suatu penampang yang melintang (A) dimana udara dengan kecepatan (v) mengalami pemindahan volume untuk setiap suatu waktu, yang disebut dengan aliran volume (V) sebagai persamaan :

$$V = vA (m^3/s) \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :                    V = laju kecepatan volume (m<sup>3</sup>/s)  
                                   v = kecepatan angin (m/s)  
                                   A = Luas area sapuan motor (m<sup>2</sup>)

Sedangkan aliran massa dengan kerapatan udara  $\rho$  sebagai :

$$m = \rho vA (kg/s) \dots\dots\dots(2.14)$$

Persamaan-persamaan diatas menunjukkan energy kinetic dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang A sebagai energy P yang ditunjukan dengan mensubtitusikan persamaan menjadi :

$$P = \frac{1}{2}\rho Av^3 (w) \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :  
                                   P = daya mekanik (W)  
                                   v = kecepatan angin (m/s)  
                                    $\rho$  = densitas udara ( $\rho$  rata-rata 1,2 kg/m<sup>3</sup>)

## 2.10 Densitas Massa

Densitas massa atau massa jenis udara merupakan pengukuran massa udara terhadap volume udara, yang dapat dirumuskan seperti :

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dan juga dapat dituliskan :

$$m = \rho \cdot V$$

Dengan  $m$  adalah massa udara (kg),  $\rho$  adalah densitas massa atau massa jenis udara (kg/m<sup>3</sup>) dan V adalah volume udara (m<sup>3</sup>).

### **2.11 Potensi Angin Berdasarkan Kecepatan Angin di Indonesia**

a. Kelompok I : Lokasi dengan kecepatan angin rata-rata 1 - 2,5 m/det, daya yang dihasilkan antara 0-200 kWh/m<sup>2</sup> setahun. Kondisi angin tersebut kurang baik untuk didayagunakan.

b. Kelompok II : Lokasi dengan kecepatan angin rata-rata 2,5 – 4 m/det, daya yang dihasilkan antara 201 – 1000 kWh/m<sup>2</sup> setahun. Kondisi ini cukup baik sebagai penggerak sistem konversi energi listrik skala kecil dan untuk keperluan pemompaan.

c. Kelompok III: Lokasi dengan kecepatan angin rata-rata 4,5–12 m/det, daya yang dihasilkan lebih dari 1000 kWh/m<sup>2</sup> setahun. Kondisi ini amat memadai untuk dikembangkan kemanfaatannya baik untuk pembangkit skala kecil maupun besar (Bahari, 2015).

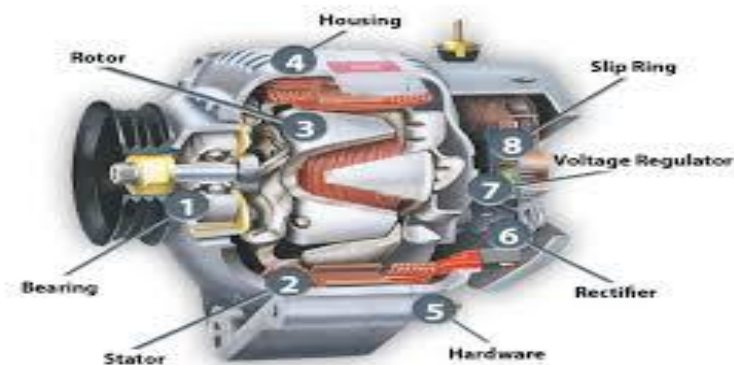
### **2.12 Prinsip Kerja dan Kontruksi Turbin Angin**

Sistem pembangkit listrik tenaga angin ini merupakan pembangkit listrik yang menggunakan turbin angin (wind turbine) sebagai peralatan utamanya. Dalam skala utility memiliki berbagai ukuran, dari 100 kilowatt sampai dengan beberapa megawatt. Turbin besar dikelompokkan bersama-sama ke arah angin, yang memberikan kekuatan massal ke jaringan listrik. turbin kecil tunggal, di bawah 100 kilowatt dan digunakan pada rumah, telekomunikasi, atau pemompaan air. Turbin kecil kadang-kadang digunakan dalam kaitannya dengan generator diesel, baterai dan sistem fotovoltaiik. Sistem ini disebut sistem angin hibrid dan sering digunakan di lokasi terpencil di luar jaringan, di mana tidak tersedia koneksi ke jaringan utilitas..

Tenaga angin modern dihasilkan dalam bentuk listrik dengan merubah rotasi pisau turbin menjadi arus listrik menggunakan generator listrik. Kincir dengan energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik dalam melakukan kerja fisik, seperti memompa air atau menyalakan lampu. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin tergantung pada diameter pada sudu. Semakin besar diameter, maka daya yang dihasilkan semakin besar.

### 2.13 Alternator

Alternator adalah peralatan elektromekanis yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik. Alternator mobil merupakan pembangkit tenaga listrik yang berfungsi sebagai pemasok energi listrik untuk kebutuhan listrik pada mobil dan alternator mempunyai konstruksi yang sederhana yang memiliki keuntungannya adalah pada alternator tidak terdapat bunga api antara sikat-sikat dan slipring, disebabkan tidak terdapat komutator yang dapat menyebabkan sikat menjadi aus.



**Gambar 2.7** Alternator mobil

(Sumber: [dunia-tehnik.blogspot.com](http://dunia-tehnik.blogspot.com))

#### 2.13.1 Bagian- bagian Alternator Mobil

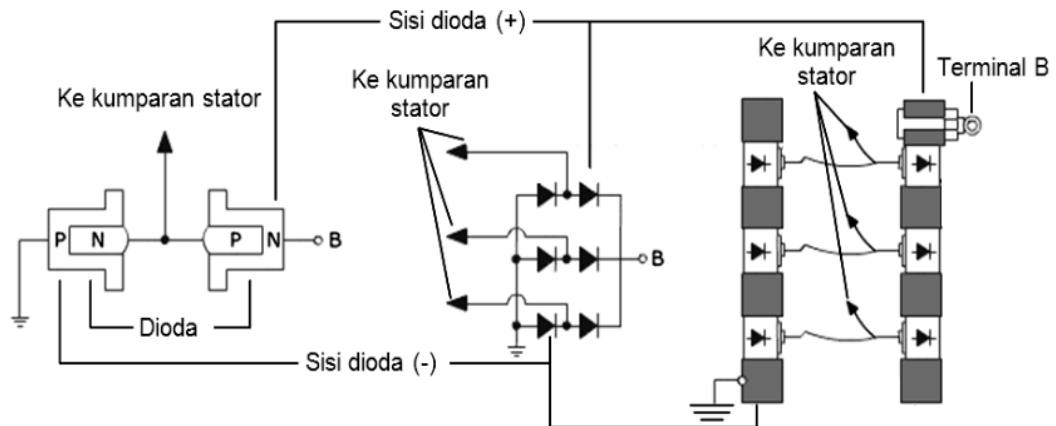
1. Rotor Coil adalah kumparan berputar yang berfungsi menyediakan medan magnet didalam alternator, kita tahu kalau prinsip kerja alternator itu dengan memanfaatkan perpotongan garis gaya magnet untuk menghasilkan aliran listrik.
2. Stator Coil adalah kumparan statis yang berfungsi menangkap perpotongan medan magnet. Seperti yang dijelaskan diatas, untuk menghasilkan aliran listrik maka medan magnet harus berpotongan dengan kumparan.
3. Stator Hubungan Stator – Rotor  
 Hubungan putaran rotor berputar didalam stator : Arus magnet alternator yang berasal dari dari putaran rotor menginduksi tegangan kepada stator. Kekuatan dan kecepatan dari putaran arus magnet yang dihasilkan rotor akan berakibat terhadap tegangan

induksi kepada stator. Stator mempunyai 3 fase gulungan yang diisolasi kepada stator, gulungan tersebut terhubung antara satu dengan yang lainnya. Setiap fase ditempatkan diposisi yang berbeda dibandingkan dengan yanglain. Gulungan yang diisolasi itu menghasilkan medan magnet.

4. Alternator *shaft* atau Poros alternator berfungsi sebagai penghubung antara bagian *pulley* dengan rotor. Sehingga putaran dari pulley alternator bisa tersambung ke rotor dan rotor dapat berputar.
5. Brush atau sikat adalah komponen tembaga berbentuk kotak kecil, yang digunakan untuk menghubungkan arus listrik ke rotor coil. Kita tahu kalau rotor itu perlu arus listrik untuk membangkitkan kemagnetan namun rotor ini juga berputar.
6. Pulley berfungsi untuk menerima putaran input dari mesin. Secara teknis, pulley memang diputar oleh drive belt namun drive belt ini melilit ke *pulley crankshaft*. Sehingga begitu *pulley crankshaft* berputar, maka pulley alternator pun ikut berputar.
7. Bearing berfungsi sebagai bantalan yang akan melapisi poros alternator dengan frame alternator. Sebetulnya bukan hanya pada alternator, semua mekanisme putaran pada sistem apapun wajib memiliki bearing. Tanpa bearing maka putaran poros bisa lebih kasar dan berat.
8. Alternator Fan adalah Kalau anda melihat bagian depan rotor coil, anda akan melihat sirip-sirip kipas. Fungsi kipas ini adalah untuk mendinginkan kumparan baik stator dan rotor saat bekerja.
9. Rectifier atau rangkaian dioda adalah komponen untuk mengubah arus AC menjadi DC. Rectifier diperlukan karena arus output dari stator coil, masih bersifah AC atau bolak balik. Sementara kelistrikan mobil menggunakan DC. Karakteristik dari sebuah dioda yaitu hanya bisa dialiri oleh arus dalam satu arah saja. sehingga dioda ini dapat dimanfaatkan sebagai penyearah sebuah arus. Pada alternator tipe konvensional, terdapat enam buah dioda,



tiga buah dioda masuk dapat disebut dengan dioda positif dan tiga dioda lainnya adalah dioda negatif.



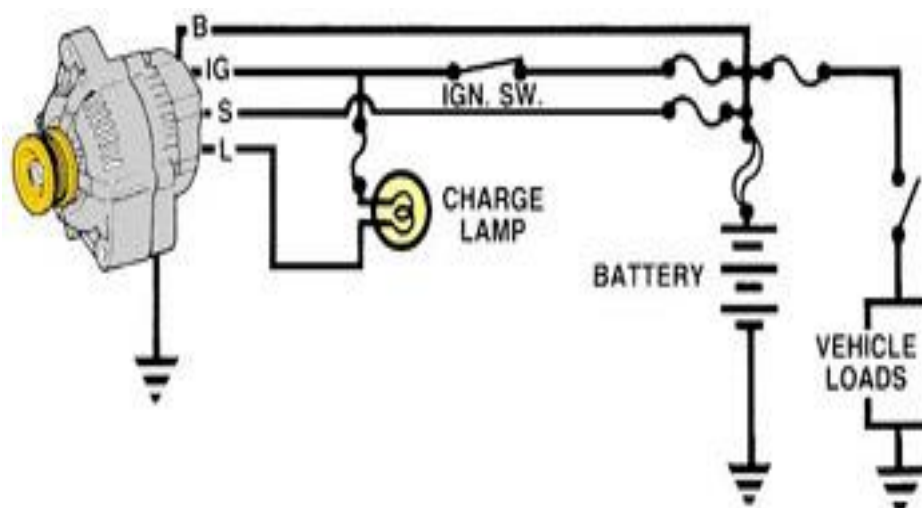
**Gambar 2.8** Dioda (Rectifier) pada Alternator

10. IC regulator adalah komponen untuk mengatur besar tegangan yang dihasilkan oleh stator agar tidak melebihi batas 14 Volt. Regulator terletak setelah rectifier, artinya arus DC yang diatur pada regulator ini.
11. Alternator Socket adalah Socket alternator pada sistem pengisian IC, umumnya sangat simpel karena hanya terdiri dari dua buah terminal. Nantinya dua terminal ini akan terhubung ke brush untuk urusan pembangkitan medan magnet pada rotor coil.
12. Battery connector adalah baut yang dijadikan sebagai terminal output arus pengisian. Pada terminal inilah arus output pengisian siap untuk digunakan, jadi baut ini akan dihubungkan ke kabel positif aki agar dapat digunakan untuk kelistrikan mobil serta mengisi daya aki.
13. Alternator housing atau Rumah alternator adalah frame atau housing yang berfungsi sebagai pelindung semua komponen-komponen alternator. Secara umum, ada dua buah frame yang digunakan, yakni front frame dan end frame. Keduanya memiliki fungsi yang sama yakni melindungi bagian-bagian alternator.

### 2.13.2 Rangkaian Sistem Pengisian

Ke empat kabel (soket) dihubungkan dengan alternator disepanjang rangkaian listrik.

- “B” adalah kabel output alternator yang mensuplai langsung ke aki.
- “IG” adalah indikator kontak yang ada di alternator.
- “S” digunakan oleh regulator untuk mengatur strum pengisian ke aki.
- “L” adalah kabel yang digunakan oleh regulator untuk indikator lampu (CHG).



**Gambar 2.9** Rangkaian Sistem Pengisian

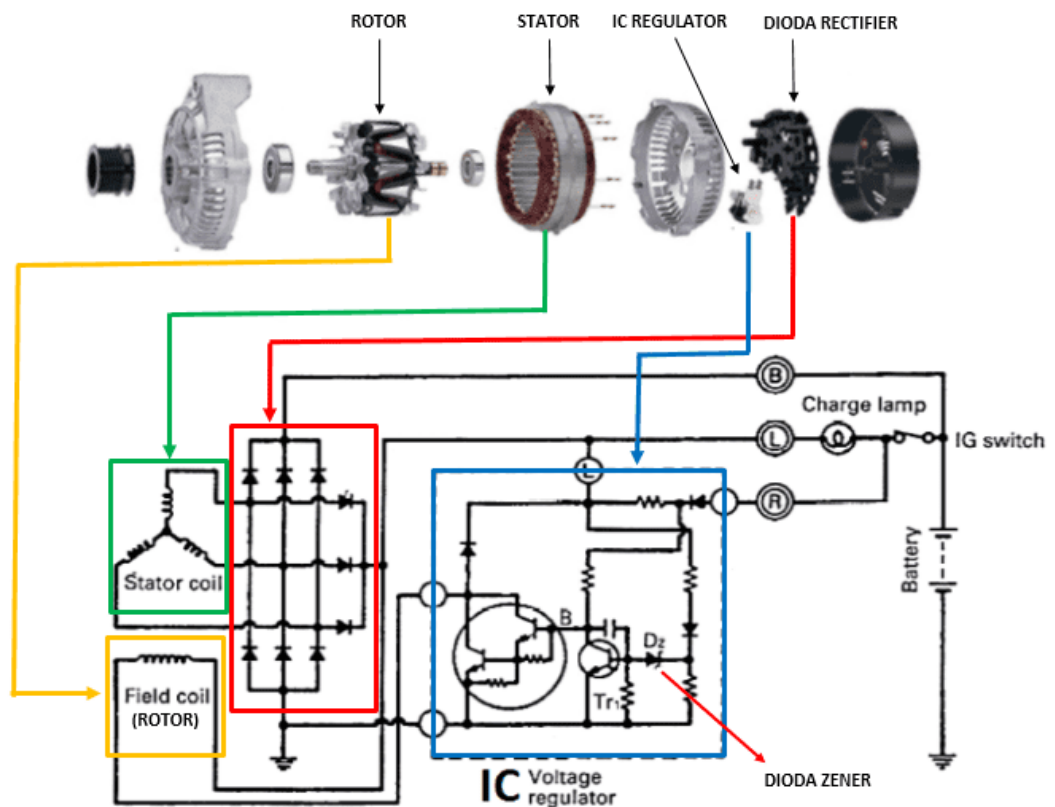
(Sumber: galerimotor.com)

### 2.13.3 Prinsip Kerja Alternator

Pada saat magnet (rotor) berputar di dalam kumparan stator akan timbul tegangan diantaranya kedua ujung kumparan ini, akan memberikan kenaikan pada arus bolak-balik. Hubungan antara arus yang dibangkitkan dalam kumparan dengan posisi magnet. Arus tertinggi akan bangkit pada saat kutub N dan S mencapai jarak yang terdekat dengan kumparan. Bagaimanapun setiap setengah putaran arus akan mengalir dengan arah yang berlawanan. Arus yang membentuk gelombang sinus disebut "arus bolak balik satu fase" (Lubis, 2018).

#### 2.13.4 Cara Kerja Alternator mobil

Secara garis besar, cara kerja Alternator adalah dari energi mekanik menjadi energi listrik yang menghasilkan arus listrik dari stator coil yang kemudian arus listrik tersebut diatur oleh IC regulator agar tegangan listrik yang dihasilkan tidak berlebihan dan bisa digunakan dengan baik untuk mengisi listrik pada baterai. Bisa kita dari gambar berikut :



**Gambar 2.10** Rangkaian cara kerja Alternator

(Sumber: [bacabrosur.blogspot.com](http://bacabrosur.blogspot.com))

Dapat kita lihat dari gambar diatas field coil mendapatkan arus listrik dari baterai sehingga rotor coil timbul medan magnet bila alternator diputar maka rotor coil akan memotong gulungan konduktor pada stator coil, akibatnya akan muncul arus listrik pada stator coil dan mengeluarkan tegangan bolak-balik dan diberikan ke dioda sehingga menjadi arus searah dan arus ini akan mengalir kedalam IC regulator agar tegangan yang dihasilkan tetap stabil. Proses stabilan menggunakan diode zener sebagai

pemutus dan penghubung tegangan di IC regulator jika pada dioda zener pada dalam posisi mengalirkan listrik maka arus listrik yang mengalir ke field coil akan terputus sehingga tidak ada medan magnet dan stator berhenti menghasilkan arus listrik berhentinya arus listrik dari stator akan menyebabkan tegangan yang menuju dioda zener akan berkurang, efeknya dioda zener akan berhenti mengalirkan listrik sehingga field coil dialiri arus listrik kembali dan terjadinya medan magnet dan membuat stator coil menghasilkan arus listrik begitu seterusnya.

## **2.14 Generator**

Generator mesin pembangkit tenaga listrik dengan memasukkan tenaga mekanik, jadi generator berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik menjadi tenaga listrik (Alpensus, 2013). Generator memiliki 2 jenis yaitu :

### **2.14.1 Generator AC**

Generator AC adalah generator yang menghasilkan listrik dengan tegangan bolak-balik. Prinsip dasar generator AC (arus bolak-balik) menggunakan hukum faraday yang menyatakan jika sebatang penghantar berada dalam pada magnet yang berubah-ubah, maka pada penghantar tersebut akan terbentuk gaya gerak listrik.

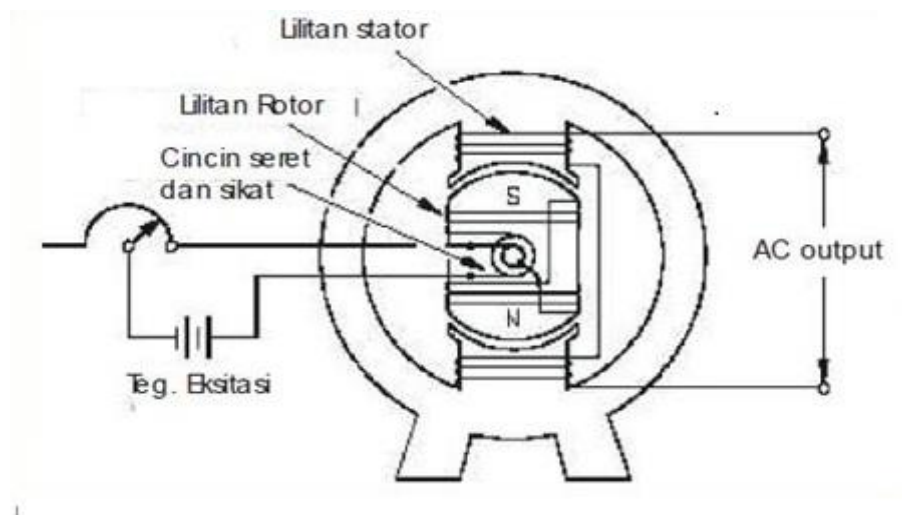


**Gambar 2.11** Generator AC

*(Sumber: indiamart.com)*

### 2.14.1.1 Kontruksi Generator AC

Generator AC umumnya dibuat sedemikian rupa agar lilitan tempat terjadinya GGL induksi tidak bergerak, sedangkan kutub-kutub yang terdapat pada generator AC akan menimbulkan medan magnet yang berputar. Kontruksi generator AC dapat dilihat pada gambar 2.9.[10]



**Gambar 2.12** Kontruksi Generator AC

(Sumber: [elektronik2017.blogspot.com](http://elektronik2017.blogspot.com))

### 2.14.1.2 Prinsip Kerja Generator AC

Tegangan yang dihasilkan pada generator AC berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik. Putaran rotor generator dalam medan magnet listrik akan menimbulkan fluks magnet yang berputar. Putaran rotor akan menimbulkan tegangan imbas pada kawat gulungan stator (Joni, 2013)

Pada saat rotor digerakan dengan penggerak utama, kutub pada rotor akan berputar. Jika kumparan kutub diberi arus searah maka permukaan kutub akan timbul medan magnet searah yang berputar dan kecepatannya sama dengan kecepatan kutub yang menginduksi lilitan (Joni, 2013).

### 2.14.2 Generator DC

Generator arus searah mempunyai komponen dasar yang umumnya hampir sama dengan komponen mesin-mesin listrik lainnya. Secara garis besar generator arus searah adalah alat konversi energi mekanis berupa

putaran menjadi energi listrik arus searah. Energi mekanik digunakan untuk memutar kumparan kawat penghantar di dalam medan magnet. Berdasarkan hukum Faraday, pada kawat penghantar akan timbul ggl induksi yang besarnya sebanding dengan laju perubahan fluksi yang dilingkupi oleh kawat penghantar. Bila kumparan kawat tersebut merupakan rangkaian tertutup, maka akan timbul arus induksi. Perbedaan setiap generator biasanya terletak pada komponen penyearah yang terdapat didalamnya yang disebut dengan komutator dan sikat (Wibawa & Trisnawati, 2017). Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker), jenis generator DC yaitu :

#### **a. Generator Penguat Terpisah**

Generator tipe penguat terpisah adalah generator yang lilitan medannya dapat dihubungkan ke sumber DC yang tidak tergantung pada mesin. Jika generator dihubungkan dengan beban, dan  $R_a$  adalah tahanan dalam generator, maka hubungan dapat dinyatakan adalah :

$$V_f = I_f \cdot R_f \dots \dots \dots (2.17)$$

$$E_a = V_t + I_a \cdot R_a \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana yang mempengaruhi kerja dari generator :

1. Tegangan jepit (V)
2. Arus eksitasi (penguat)
3. Arus jangkar ( $I_a$ )
4. Kecepatan putar (n)

#### **b. Generator Shunt**

pada generator shunt, untuk mendapatkan penguatan sendiri diperlukan adanya sisa magnetik pada sistem penguat dan hubungan dari rangkaian medan pada jangkar harus sedemikian, hingga arah medan yang terjadi, memperkuat medan yang sudah ada.

Mesin shunt akan gagal membangkitkan tegangannya kalau sisa magnetik tidak ada karena pada generator shunt dirubah menjadi generator

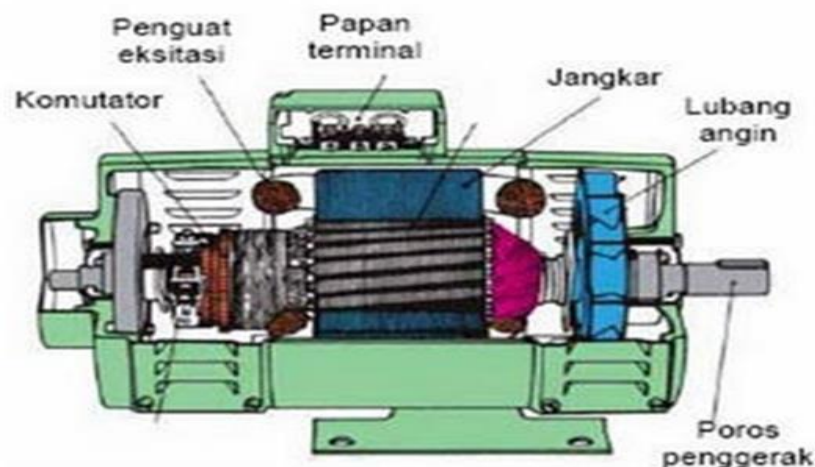
berpenguatan bebas, hubungan medan terbalik karena generator berputar oleh arah yang salah dan dijalankan sehingga arus medan tidak memperbesar nilai fluksi dan tahanan rangkaian penguat terlalu besar.

### c. Generator Kompon

Generator kompon merupakan gabungan dari generator shunt dan generator seri, yang dilengkapi dengan kumparan shunt dan seri dengan sifat yang dimiliki merupakan gabungan dari keduanya. Biasanya kumparan seri dihubungkan sedemikian rupa, sehingga kumparan seri ini membantu kumparan shunt. Bila generator ini dihubungkan seperti itu, maka dikatakan generator itu mempunyai kumparan kompon bantu. Makin besar arus eksitasi shunt maka makin besar pula medan penguat shunt yang dihasilkan.

#### 2.14.2.1 Kontruksi Generator DC

pada umumnya generator DC dibuat dengan menggunakan magnet permanent dengan 4 kutub rotor, regulator tegangan digital, proteksi terhadap beban lebih, stater eksitasi, penyearah, bearing dan rumah generator atau casis, serta bagian rotor. Gambar 2.8 menunjukkan gambar potongan melintang kontruksi generator DC.

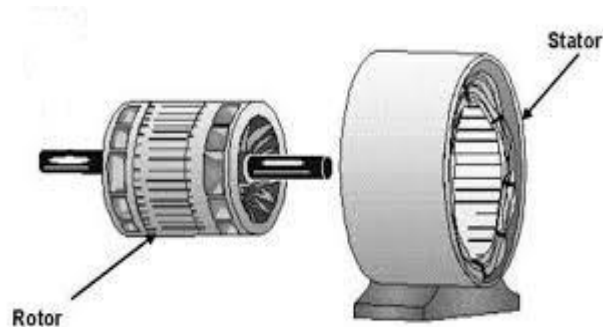


**Gambar 2.13** Kontruksi Generator DC

(Sumber: *blogs.itb.ac.id*)

Generator DC terdiri dari dua bagian yaitu :

- a. Stator adalah bagian mesin DC yang diam dan bagian stator terdiri dari : rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box.
- b. Rotor adalah bagian mesin yang berputar yang terdiri dari : komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor.



**Gambar 2.14** Rotor dan Stator

(Sumber: docplayer.inf )

#### 2.14.2.2 Prinsip Kerja Generator DC

Prinsip kerja suatu generator arus searah berdasarkan hukum faraday :

$$e = N d\phi/dt \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

- N : Jumlah lilitan  
 $\phi$  : Fluksi magnet  
 E : Tegangan imbas, GGL

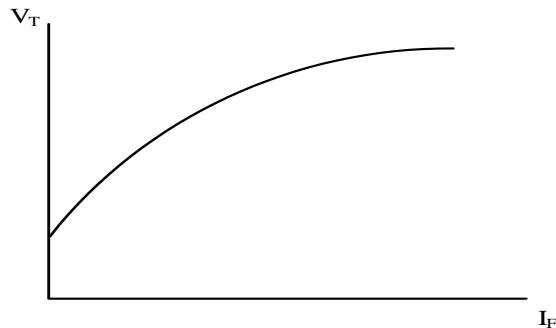
Dengan kata lain, apabila konduktor memotong garis-garis fluksi magnetik yang berubah-ubah, maka GGL akan dibangkitkan dalam konduktor. Untuk membangkitkan GGL harus ada konduktor, harus ada magnet dan gerak atau putaran dari konduktor dalam medan, atau ada fluksi yang memotong konduktor.

#### 2.14.2.3 Karakteristik Generator DC Penguatan Kompon Dan Efisiensi Generator DC

Karakteristik berbeban sebuah generator DC kompon menunjukkan bagaimana hubungan antara tegangan terminal  $V_t$  dan arus



medan  $I_f$  ketika generator dibebani. Bentuk karakteristik berbeban generator DC kompon adalah mirip karakteristik generator DC shunt, tetapi letaknya agak lebih tinggi karena generator ini mempunyai lilitan penguat magnet seri.

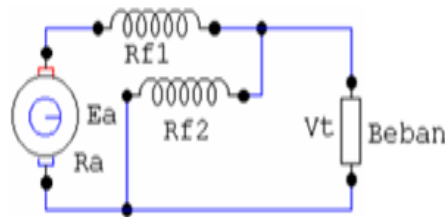


**Gambar 2.15** Karakteristik Berbeban Generator Kompon Secara Teoritis

Terlihat pada Gambar 2.13 karakteristik berbeban sebuah generator DC kompon menunjukkan bagaimana hubungan antara tegangan terminal  $V_t$  dan arus medan  $I_f$  ketika generator dibebani. Bentuk karakteristik berbeban generator DC kompon adalah mirip karakteristik generator DC shunt, tetapi letaknya agak lebih tinggi karena generator ini mempunyai lilitan penguat magnet seri (Lubis & Amien, 2014).

Mesin yang mempunyai kumparan seri melawan medan shunt disebut kompon lawan dan ini biasanya digunakan untuk motor atau generator- generator khusus seperti untuk mesin las. Dalam hubungan kompon bantu yang mempunyai peranan utama ialah kumparan shunt dan kumparan seri dirancang untuk kompensasi MMF akibat reaksi jangkar dan juga tegangan drop di jangkar pada range beban tertentu. Ini mengakibatkan tegangan generator akan diatur secara otomatis pada satu range beban tertentu.

### 1. Kompon panjang

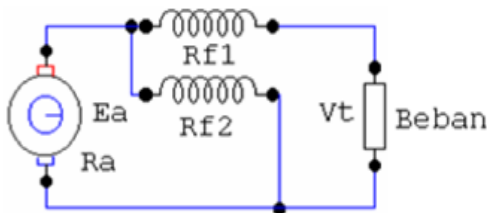


**Gambar 2.16** Rangkaian generator kompon panjang

$$I_a = I_{f1} + I_{f2}$$

$$E_a = V_t + I_a(R_a + R_{f1}) + V_{si}$$

### 2. Kompon pendek



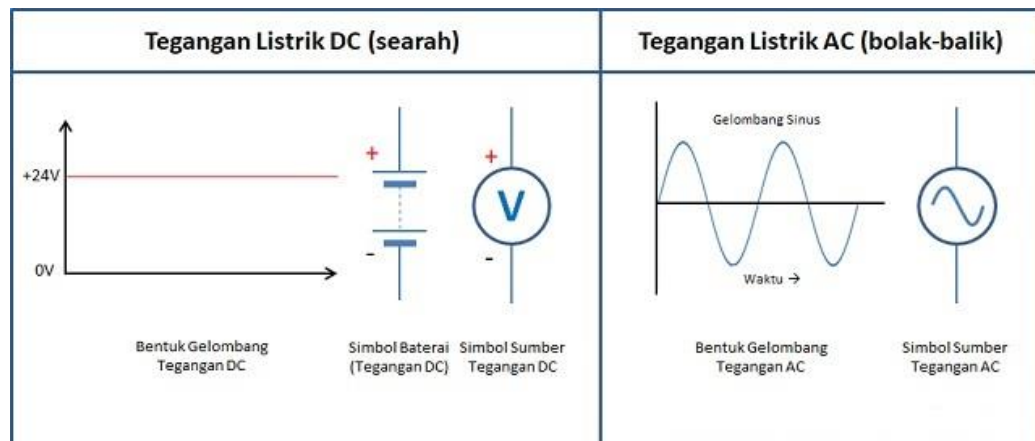
**Gambar 2.17** Rangkaian generator kompon pendek

## 2.15 Tegangan Listrik

Tegangan listrik ialah jumlah energi yang dibutuhkan untuk memindahkan muatan listrik dari tempat satu ke tempat lainnya dengan satuan volt. Tegangan listrik juga disebut dengan beda potensial listrik karena dasarnya tegangan listrik adalah perbedaan potensial antara dua titik dalam rangkaian listrik. Benda yang memiliki potensial listrik lebih tinggi mempunyai muatan positif lebih banyak dari benda lainnya.

Sebuah sumber tegangan listrik yang konstan biasanya disebut dengan tegangan DC (tegangan searah). Contoh yang menghasilkan tegangan DC yang stabil adalah baterai dan pemecutan daya seperti menghasilkan tegangan DC 1,5V, 3V, 5V, 9V, 12V dan 24V sedangkan tegangan listrik yang bervariasi secara berkala dengan waktu disebut tegangan AC (tegangan bolak balik). Tegangan AC biasanya dipakai untuk peralatan rumah tangga dan industri. Tegangan AC di

Indonesia adalah 220V. Berikut dibawah ini adalah symbol tegangan DC dan tegangan AC :



**Gambar 2.18** Tegangan listrik DC dan Tegangan listrik AC

(Sumber: *teknikelektronika.com*)

### 2.15.1 Alat Ukur Tegangan

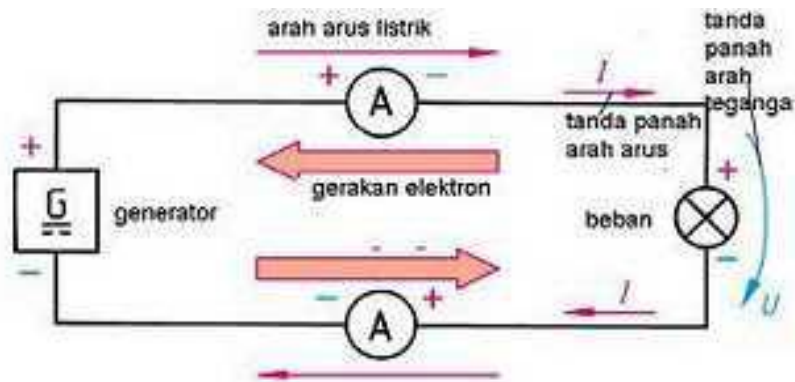
Alat yang dipergunakan untuk mengukur besar tegangan listrik, antara lain: voltmeter, dan osiloskop. Voltmeter bekerja dengan cara mengukur arus dalam sirkuit ketika dilewatkan melalui resistor dengan nilai tertentu. Sesuai hukum ohm, besar tegangan sebanding dengan besar arus untuk nilai resistansi sama. Prinsip kerja potensiometer adalah menimbang tegangan yang diukur dengan tegangan yang sudah diketahui besarnya dengan menggunakan sirkuit jembatan. Sedang osiloskop bekerja dengan cara menggunakan tegangan yang diukur untuk membelokkan elektron di layar monitor, sehingga di layar akan tercipta grafik dari elektron yang telah dibelokkan. Grafik ini sebanding dengan besar tegangan yang diukur.

### 2.16 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan electron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan coulomb/dekit atau ampere.

Arus Listrik juga mengalirnya pada elektron secara terus menerus dan berkesinambungan pada konduktor akibat perbedaan jumlah elektron pada beberapa lokasi yang jumlah elektronnya tidak sama. satuan arus listrik adalah

Ampere. Arus listrik bergerak dari terminal positif (+) ke terminal negatif (-), sedangkan aliran listrik dalam kawat logam terdiri dari aliran elektron yang bergerak dari terminal negatif (-) ke terminal positif(+), arah arus listrik dianggap berlawanan dengan arah gerakan electron.



**Gambar 2.19** Arah arus listrik dan arah gerakan elektron.

(Sumber: [dunialistrik.blogspot.com](http://dunialistrik.blogspot.com))

Formula arus listrik adalah:

$$I = Q/t \text{ (ampere)} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana:

$I$  = Besarnya arus listrik yang mengalir, ampere

$Q$  = Besarnya muatan listrik, coulomb

$T$  = Waktu, detik

$$Q = I \times t \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

$Q$  = Banyaknya muatan listrik dalam satuan coulomb

$I$  = Kuat arus dalam satuan Ampere.

$t$  = Waktu dalam satuan detik.

Untuk mendapatkan arus searah dari arus bolak-balik dengan menggunakan metode atau sistem :

1. Saklar berfungsi untuk menghubungkan singkatkan ujung-ujung kumparan. Prinsip kerjanya adalah sebagai berikut :

Bila kumparan jangkar berputar, maka pada kedua ujung kumparan akan timbul tegangan yang sinusoidal. Bila setengah periode tegangan positif saklar dihubungkan, maka tegangan menjadi nol.

2. Sistem komutator berfungsi sebagai saklar yaitu untuk menghubungkan singkatkan kumparan jangkar, komutator berupa cincin belah yang dipasang pada ujung kumparan jangkar.
3. Sistem dioda, dioda adalah komponen pasif yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :
  - a. Bila di beri prasikap maju (forward bias) bias di aliri arus.
  - b. Bila di beri prasikap balik (reverse bias) diode tidak akan di aliri arus.

Untuk menentukan arah arus pada setiap saat, berlaku pada kaidah tangan kanan :

- Ibu jari : Gerak perputaran
- Jari telunjuk : Medan magnet kutub utara dan selatan
- Jari tengah : Besaran galvanis tegangan  $U$  dan arus  $I$
- Untuk memperoleh arus searah dari tegangan bolak balik, meskipun tujuan utamanya adalah pembangkitan tegangan searah, tampak bahwa tegangan kecepatan yang di bandingkan pada kumparan jangkar merupakan tegangan bolak-balik. Bentuk gelombang yang berubah-ubah tersebut karenanya harus di searahkan.

## **BAB 3**

### **METODELOGI PENELITIAN**

Prosedur penelitian dimaksudkan agar penelitian berjalan dengan baik dan berurutan. Dengan adanya prosedur penelitian diharapkan penelitian dapat berjalan dengan lancar dan mendapatkan hasil yang maksimal.

#### **3.1 Waktu Dan Tempat**

Penelitian dan pembuatan laporan perbandingan hasil pengujian pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) menggunakan alternator mobil dan generator DC yang di lakukan pada tanggal 15 Februari 2019 sampai dengan selesai, tempat di Laboraturium Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Jalan Muchtar Basri No.03 Medan.

#### **3.2 Peralatan dan Bahan**

Peralatan dan bahan yang akan digunakan sebagai pendukung penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### **3.2.1 Peralatan Penelitian**

1. Multimeter berfungsi sebagai alat yang digunakan untu mengukur tegangan (V) dan arus listrik (A).
2. Anemometer berfungsi untuk mengukur kecepatan angin dan juga dapat menentukan arah mata angin.
3. Tang Ampere Meter berfungsi sebagai alat yang digunakan untuk mengukur tegangan (V), hambatan/resistansi (Ohm), arus listrik (A), tanpa harus memotong kabel listrik.
4. Tachometer berfungsi untuk mengukur putaran turbin angin.
5. Tools kit (Berisikan Peralatan pendukung seperti : Tang Pengelupas Kabel, Tang Skun Kabel, Tang Pemotong, Tang Cucut, Tang Kombinasi, Obeng Plus Minus, dan lain sebagainya).

##### **3.2.2 Bahan Penelitian**

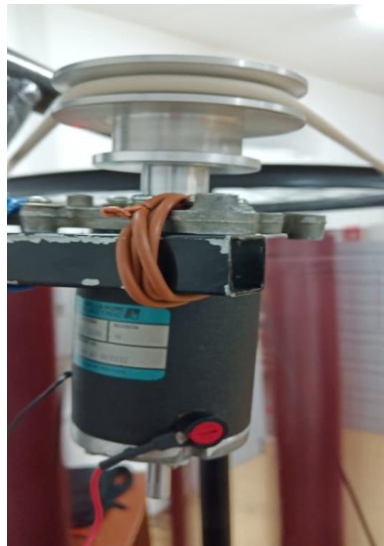
1. Baling-baling kipas berbentuk vertikal berfungsi menangkap datangnya laju angin dan mengubah hembusan angin menjadi energi gerak yang akan memutar alternator.
2. Alternator mobil berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik yang digunakan untuk mensuplay kebutuhan listrik. Peneliti

menggunakan alternator mobil kijang super 5k KF40 KF50 tahun 85-96 12V-55A-1V.



**Gambar 3.1** Alternator kijang super

3. Generator DC berfungsi sebagai pembangkit tenaga listrik yang digunakan untuk mensuplay kebutuhan listrik yang akan dibandingkan dengan alternator mobil.
  - a. 8 inchi servo hub motor whell parameter utama
  - b. nilai tegangan: 24v, 36v, 48v
  - c. berat motor: 3kg
  - d. efisiensi: 83%
  - e. kutub: 15 pasang
  - f. nilai daya: 100w-350w
  - g. nilai kecepatan: 300-600RPM
  - h. nilai troque: 5N.m (puncak: 34A)
  - i. nilai saat ini: 3-17A (puncak: 34A)
  - j. diameter: 200mm
  - h. jenis encoder: 1024ppr optical incremental encoder



**Gambar: 3.2** Generator DC

4. Charge Controller berfungsi mengontrol arus untuk pengisian ke baterai sehingga tidak terjadi overcharging (kelebihan pengisian daya karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari alternator.
5. Battery (aki) berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia atau konversi energi yang bekerja berdasarkan prinsip elektrokimia.
6. Inverter berfungsi mengubah tegangan listrik DC (Direct Current) menjadi tegangan listrik AC (Alternating Current).
7. kabel listrik jenis NYAF ukuran 1 x 2,5 mm<sup>2</sup> berfungsi untuk menghantarkan aliran listrik dari sumber listrik menuju ke perangkat pengguna listrik.
8. Papan berfungsi sebagai penempatan komponen kelistrikan.

### **3.3 Metodologi Penelitian**

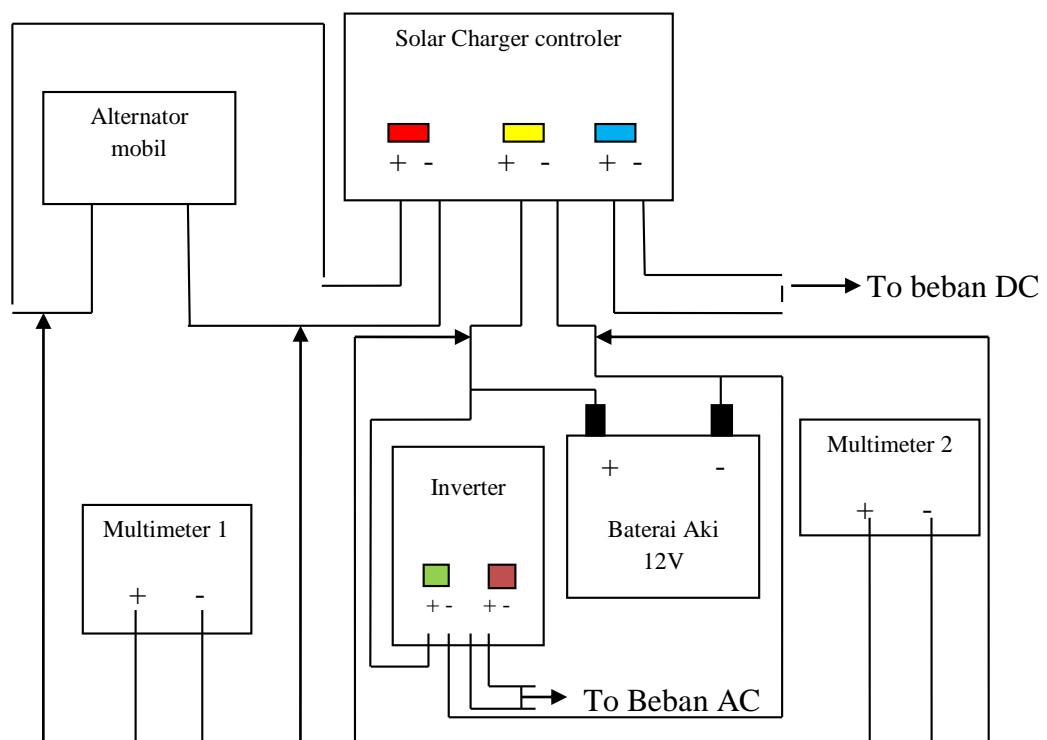
Tahap yang dilakukan pada penelitian ini adalah studi literatur, perbandingan hasil pengujian pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) menggunakan alternator mobil dan generator DC.



### 3.3.1 Studi Literatur

Studi Literatur dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau teori dari (jurnal dan internet) yang berkaitan dengan perbandingan hasil pengujian pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Angin) menggunakan alternator mobil dan generator DC.

### 3.3 Rangkain pengukuran pada PLTA angin menggunakan Alternator mobil

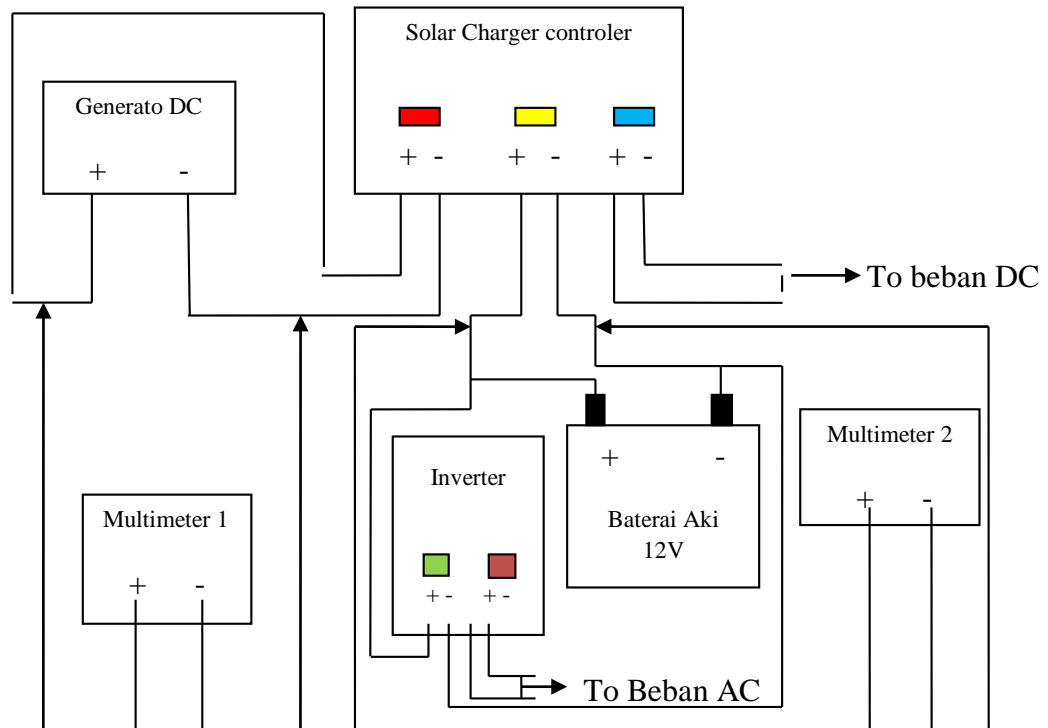


**Gambar: 3.3** Rangkaian Percobaan Alternator Mobil

Keterangan:

- |   |  |
|---|--|
| <span style="color: red;">■</span> Input DC solar charger kontroler | <span style="color: green;">■</span> Input DC Inverter |
| <span style="color: yellow;">■</span> Output DC keinverter          | <span style="color: red;">■</span> Output AC Inverter  |
| <span style="color: blue;">■</span> Output ke beban DC              |  |

### 3.4 Rangkain pengukuran pada PLTA angin menggunakan Generator DC

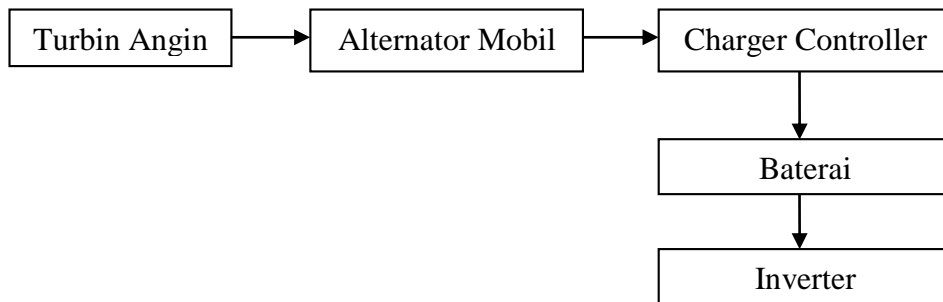


**Gambar: 3.4** Rangkaian Percobaan pada Generator DC  
Keterangan:

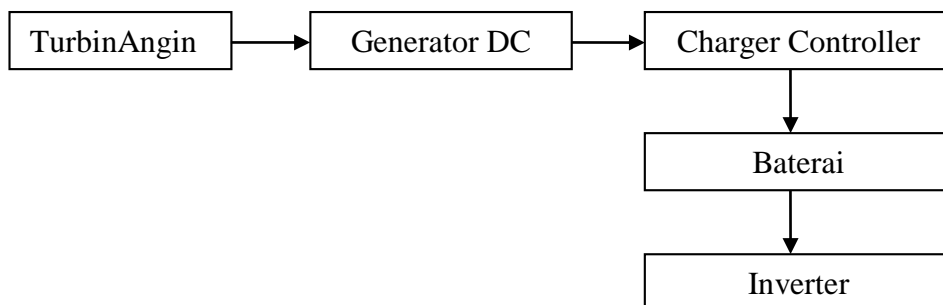
- |  |  |
|--|--|
| <span style="color: red;">■</span> Input DC <i>solar charger kontroler</i> | <span style="color: green;">■</span> Input DC Inverter |
| <span style="color: yellow;">■</span> Output DC keinverter                 | <span style="color: red;">■</span> Output AC Inverter  |
| <span style="color: blue;">■</span> Output ke beban DC                     |  |

### 3.5 Diagram Blok

Diagram blok dari pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin ventilator dapat di lihat dari gambar 3.1 berikut :



**Gambar: 3.5** Diagram Blok Alat PLTA Agin menggunakan alternator mobil



**Gambar 3.6** Diagram Blok Alat PLTA ngin menggunakan generator DC

Pada perancangan initer dapat 5 alat utama guna menghasilkan listrik diantaranya turbin angin, alternator mobil atau generator DC, rangkaian charger yang digunakan untuk mengisi sebuahaki 12 volt dan inverter yang akan mengubah tegangan DC menjadi AC yang akan disuplai pada beban percobaan.

### 3.6 Diagram AlirPenelitian

#### a. Studiliteratur

Dalam studi literature dilakukan pencarian informasi atau bahan materi baik dari internet, jurnal, maupun sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya mengenai

penelitian perbandingan hasil pengujian pada PLTA (Angin) menggunakan alternator mobil dan generator DC.

b. Persiapan peralatan

Setelah melakukan studi literatur, kemudian menyiapkan segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa perangkat yang dilakukan seperti turbin angin itu sendiri, alat ukur anemometer untuk menghitung kecepatan angin.

c. Pengukuran kecepatan angin.

Setelah melakukan persiapan peralatan kemudian dilanjutkan dengan pengukuran kecepatannya dengan menggunakan rumus dan anemometer.

d. Pengukuran tegangan

Setelah itu dilanjutkan dengan melakukan pengukuran tegangan dengan menggunakan alat ukur tegangan dan rumus tegangan.

e. Pengukuran arus

Setelah melakukan pengukuran tegangan dilanjutkan dengan mengukur arus yang dikeluarkan dengan menggunakan alat ukur arus dan rumus arus.

f. Pengukuran putaran

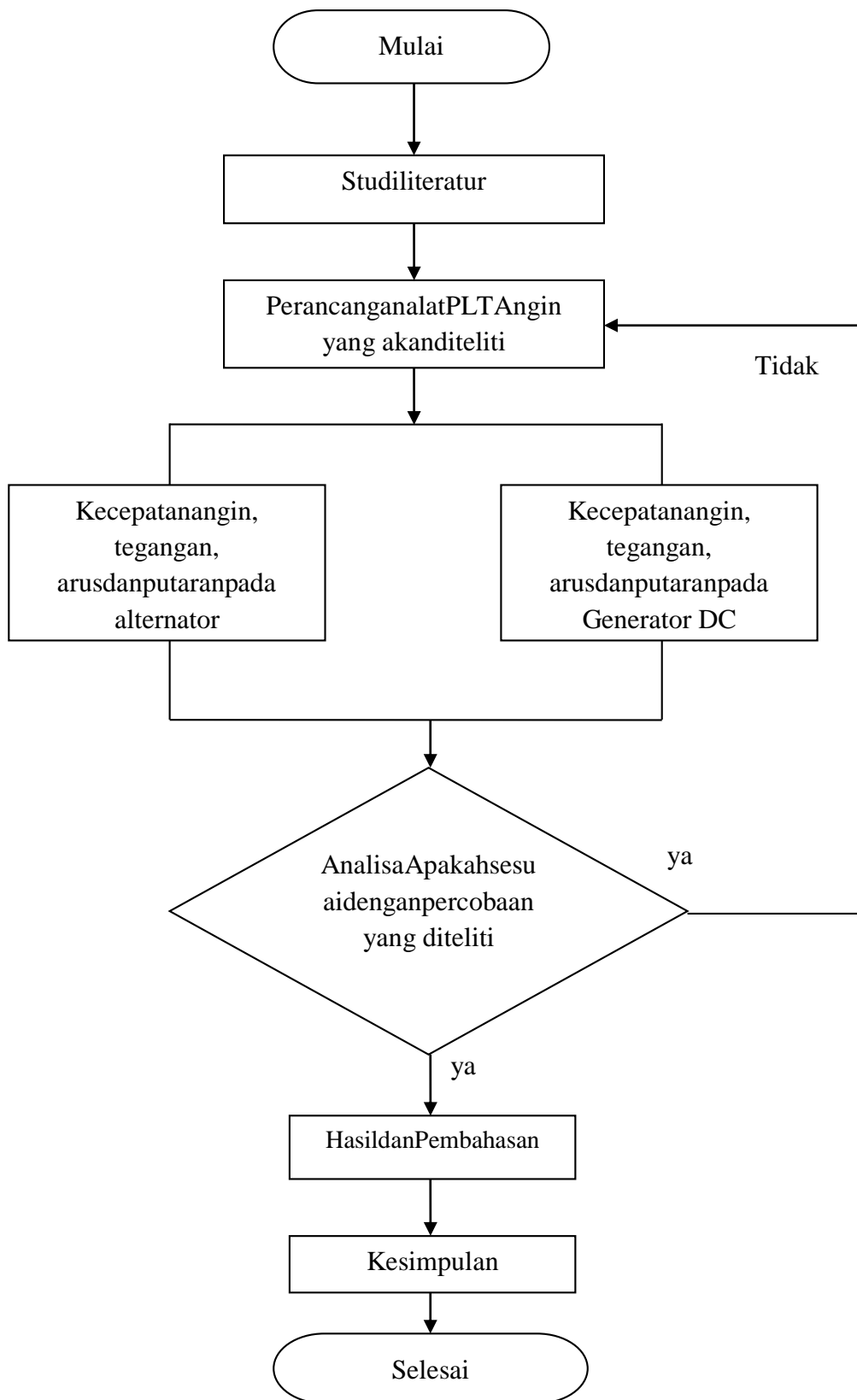
Setelah melakukan pengukuran arus dilanjutkan dengan mengukur putarannya dengan rumus.

g. Analisa data

Setelah dilakukannya pengukuran kecepatan angin, tegangan, arus dan putaran kemudian dapat ditentukan perbedaan antara alternator mobil dan generator DC yang dihasilkan oleh turbin angin. Data dimasukkan kedalam lembar kerja berupa tabel data, sehingga memudahkan dalam pengolahan data tersebut.

h. Kesimpulan

Dari data yang sudah diolah dalam bentuk tabel dapat diambil beberapa kesimpulan. Seperti perbedaan kecepatan angin, tegangan, arus dan putaran yang dapat dihasilkan oleh turbin angin berdasarkan pengaruh angin yang diperoleh lokasi percobaan dan kesimpulan lainnya.



**Gambar 3.7** Diagram Alir.

## **BAB 4**

### **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Deskripsi Umum**

Tugas akhir ini bertujuan untuk melihat perbedaan hasil pengukuran yang didapat dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Angin yang menggunakan alternator mobil dan generator DC. Perbandingan yang di lihat adalah perbandingan Tegangan, arus dan putaran turbin angin yang di dapat dari pengujian alat Pembangkit Listrik Tenaga Angin yang menggunakan alternator mobil dan generator DC. Hasil pengukuran diperoleh dengan mengamati hasil pengukuran tegangan, arus dan putaran turbin.

Pada pengujian perbandingan pembangkit listrik tenaga angin ini menggunakan komponen sebagai berikut: Turbin angin, alternator mobil atau generator DC, charger controller, baterai, inverter, multitester, anemometer dan tachometer. Selanjutnya dari kecepatan angin, arus, tegangan dan putaran alternator dan generator DC yang dihasilkan menggunakan alat tersebut.

Pengujian ini untuk membandingkan 2 buah pembangkit listrik alternatif yaitu alternator mobil dan generator DC. Pembangkit listrik tenaga angin akan menghasilkan daya ketika turbin mendapatkan sambaran angin, pada saat itu pembangkit listrik dihubungkan ke multitester untuk diketahui berapa arus dan tegangan yang dihasilkan.

#### **4.2 Hasil Pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan alternator mobil**

Dalam pengujian pembangkit listrik tenaga angin yang menggunakan alternator mobil sebagai pengujian pertama. Dengan hembusan angin alternator mobil yang digunakan dapat bergerak dengan penggerak utamanya turbin angin dan akan menghasilkan energi listrik. Data yang dihasilkan oleh alternator mobil dapat kita lihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 4.1. Hasil pengujian pertama pembangkit listrik tenaga angin menggunakan alternator mobil.

No	Waktu Pengujian	Suhu ( °C )	Kecepatan Angin ( m/s )	Tegangan ( Volt )	Arus ( Ampere )	Putaran Turbin (RPM)
1	09.00 - 11.00	29	1,1	1,5	0,31	18,6
2	11.00 - 13.00	30	2,1	1,6	0,34	25,0
3	13.00 - 15.00	30	2,6	1,8	0,48	36,5
4	15.00 - 17.00	30,4	2,5	1,7	0,47	30,8
5	17.00 - 19.00	30,6	2,8	2,1	0,52	37,0

Dapat kita lihat dari tabel diatas perubahan yang terjadi dari kecepatan angin yang memutar turbin angin yang menjelaskan pada saat pengujian dengan kecepatan angin 1,1 m/s memperoleh putaran turbin angin 18,6 RPM, tegangan 1,5 Vdc dan arus 0,31 Adc. Kecepatan angin 2,1 m/s memperoleh putaran turbin angin 25 RPM, tegangan 1,6 Vdc dan arus 0,34 Adc. Kecepatan angin 2,6 m/s memperoleh putaran turbin angin 36,5 RPM, tegangan 1,8 Vdc dan arus 0,48 Adc. Kecepatan angin 2,5 memperoleh putaran turbin angin 30,8 RPM, tegangan 1,7 Vdc arus 0,47 Adc. Kecepatan angin 2,8 memperoleh putaran turbin angin 37 RPM, tegangan 2,1 Vdc dan arus 0,52 Adc.

Tegangan rata-rata alternator mobil yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$\begin{aligned}
 V(rata - rata) &= \frac{\sum V}{n} \\
 &= \frac{1,5 + 1,6 + 1,8 + 1,7 + 2,1}{5} \\
 &= 1,74 \text{ Vdc.}
 \end{aligned}$$

Arus keluran rata-rata alternator mobil yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$\begin{aligned}
 I(\text{rata} - \text{rata}) &= \frac{\Sigma I}{n} \\
 &= \frac{0,31 + 0,34 + 0,48 + 0,47 + 0,52}{5} \\
 &= 0,42 \text{ A.}
 \end{aligned}$$

Putaran turbin angin rata-rata alternator mobil yang dibangkitkan dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{putaran}(\text{rata} - \text{rata}) &= \frac{\Sigma \text{putaran}}{n} \\
 &= \frac{18,6 + 25 + 36,5 + 30,8 + 37}{5} \\
 &= 29,6 \text{ RPM}
 \end{aligned}$$

#### 4.3 Hasil Pengujian pembangkit listrik tenaga angin menggunakan generator DC

Dalam pengujian pembangkit listrik tenaga angin yang menggunakan generator DC sebagai pengujian kedua. Dengan hembusan angin generator DC yang digunakan dapat bergerak dengan penggerak utamanya turbin angin dan akan menghasilkan energi listrik. Data yang dihasilkan oleh generator DC dapat kita lihat dari tabel dibawah ini :

Tabel 4.2. Hasil pengujian kedua pembangkit listrik tenaga angin menggunakan generator DC

No	Waktu Pengujian	Suhu ( °C )	Kecepatan Angin ( m/s )	Tegangan ( Volt )	Arus ( Ampere )	Putaran Turbin ( RPM )
1	09.00 - 11.00	29	1,1	3	2	33,8
2	11.00 - 13.00	30	2,1	4,3	2,4	36,4
3	13.00 - 15.00	30	2,6	5	2,3	55,0
4	15.00 - 17.00	30,4	2,5	4,5	2,3	47,6
5	17.00 - 19.00	30,6	2,8	5,2	2,3	59,3



Dapat kita lihat dari tabel diatas perubahan yang terjadi dari kecepatan angin yang memutar turbin angin yang menjelaskan pada saat pengujian dengan kecepatan angin 1,1 m/s memperoleh putaran turbin angin 33,8 RPM, tegangan 3 Vdc dan arus 2 Adc. Kecepatan angin 2,1 m/s memperoleh putaran turbin angin 36,4 RPM, tegangan 4,3 Vdc dan arus 2,4 Adc. Kecepatan angin 2,6 m/s memperoleh putaran turbin angin 55 RPM, tegangan 5 Vdc dan arus 2,3 Adc. Kecepatan angin 2,5 memperoleh putaran turbin angin 47,6 RPM, tegangan 4,5 Vdc arus 2,3 Adc. Kecepatan angin 2,8 memperoleh putaran turbin angin 59,3 RPM, tegangan 5,2 Vdc dan arus 2,3 Adc.

Tegangan rata-rata generator DC yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$\begin{aligned} V(rata - rata) &= \frac{\Sigma V}{n} \\ &= \frac{3 + 4,3 + 5 + 4,5 + 5,2}{5} \\ &= 4,4 \text{ Vdc.} \end{aligned}$$

Arus keluaran rata-rata generator DC yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

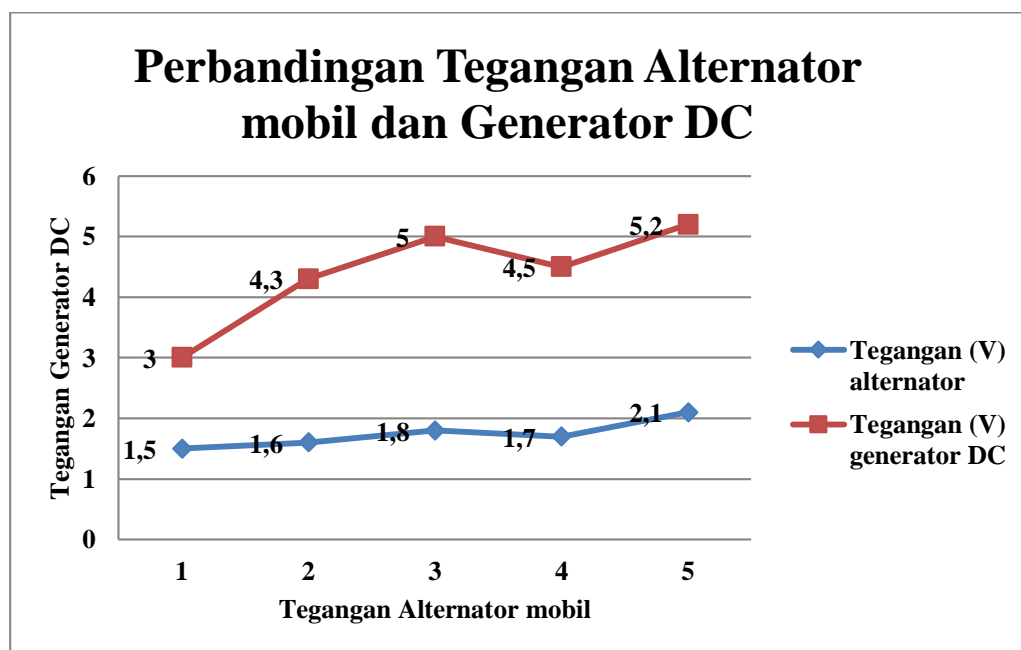
$$\begin{aligned} I(rata - rata) &= \frac{\Sigma I}{n} \\ &= \frac{2,4 + 2,4 + 2,3 + 2,3 + 2,3}{5} \\ &= 2,3 \text{ A.} \end{aligned}$$

Putaran turbin angin rata-rata generator DC yang diuji dari jam 09.00 sampai dengan jam 19.00 adalah :

$$\begin{aligned} putaran(rata - rata) &= \frac{\Sigma putaran}{n} \\ &= \frac{33,8 + 36,4 + 55 + 47,6 + 59,3}{5} \\ &= 46,42 \text{ RPM} \end{aligned}$$

Tabel 4.3. Perbandingan Hasil pengujian Tegangan pada Alternator mobil dan Generator DC

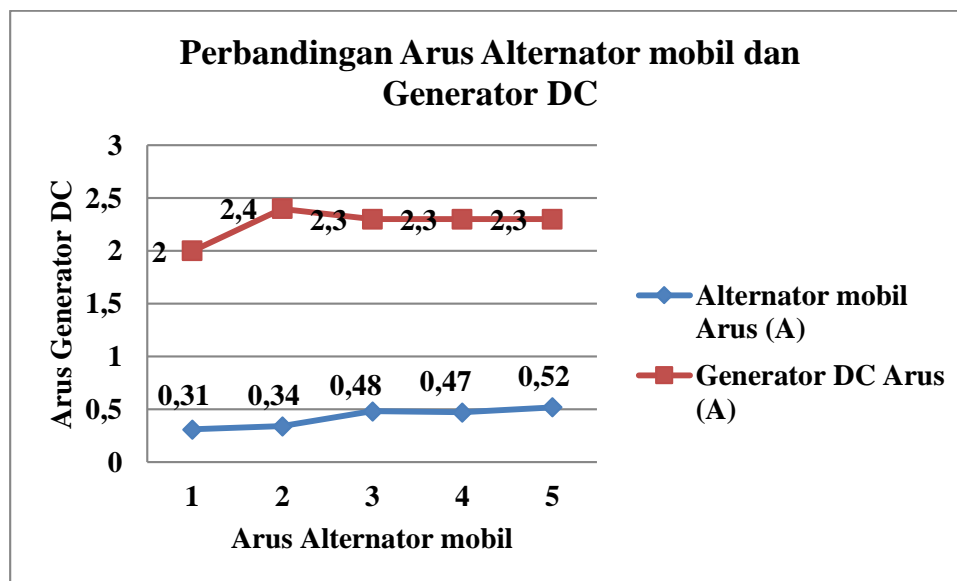
No	Alternator mobil	Generator DC
	Tegangan (Volt)	Tegangan (Volt)
1	1,5	3
2	1,6	4,3
3	1,8	5
4	1,7	4,5
5	2.1	5,2



**Gambar 4.1** Grafik Perbandingan Tegangan Alternator mobil dan Generator DC

Tabel 4.4 Perbandingan hasil pengujian Arus keluaran pada Alternator mobil dan Generator DC

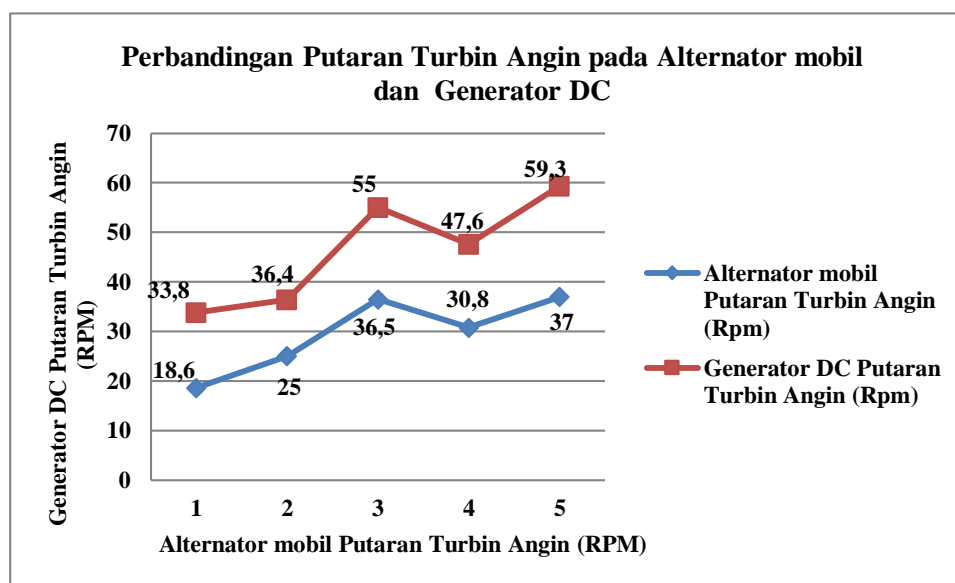
No	Alternator mobil	Generator DC
	Arus (Ampere)	Arus (Ampere)
1	0,31	2
2	0,34	2,4
3	0,48	2,3
4	0,47	2,3
5	0,52	2,3



**Gambar 4.2** Grafik Perbandingan Arus pada Alternator mobil dan Generator DC

Tabel 4.5 Hasil Perbandingan Putaran Turbin Angin pada Alternator mobil dan Generator DC

No	Alternator mobil	Generator DC
	Putaran Turbin Angin (RPM)	Putaran Turbin Angin (RPM)
1	18,6	33,8
2	25,0	36,4
3	36,5	55,0
4	30,8	47,6
5	37,0	59,3



**Gambar 4.3** Grafik Perbandingan putaran turbin angin pada alternator mobil dan generator DC

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Bahwa dalam hasil pengujian Alternator mobil dan Generator DC dapat digunakan untuk pembangkit listrik tenaga angin walaupun tegangan rata-rata yang dikeluarkannya cukup berbeda. Alternator mobil mengeluarkan tegangan rata-rata 1,72V dan Generator DC mengeluarkan tegangan rata-rata 4,4V.
2. Dari perbandingan hasil pengujian tegangan yang dikeluarkan alternator mobil dan generator DC sangat berbeda. Alternator mobil hanya bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 1,72 volt, arus rata-rata 0,42 ampere dengan putaran turbin angin rata-rata 29,6 RPM sedangkan generator DC bisa mengeluarkan tegangan rata-rata 4,4 volt, arus rata-rata 2,3 ampere dengan putaran turbin angin 46,42 RPM.
3. Dari pengujian ini kita bisa mengerti bahwasanya generator DC lebih efisien dan bagus dari pada alternator mobil sehingga warga bisa menggunakan generator DC untuk penghematan biaya.

#### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian dan pembahasan Perbandingan hasil pengujian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Alternator Mobil dan Generator DC, maka saran yang dapat disampaikan adalah sebagai berikut.

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan tentang untuk mendapatkan hasil efisiensi yang lebih maksimal. Diharapkan penelitian seperti ini bisa mendapatkan dukungan dari partisipasi dari berbagai pihak yang lebih berkompeten dibidangnya.
2. Penelitian tentang energi terbarukan lebih dikembangkan lagi sehingga mampu mengurangi penggunaan pembangkit listrik fosil dan bisa menjadi energi alternatif.

3. Memanfaatkan secara maksimal energi melimpah dari angin yang menyebar luas di alam untuk berbagai kebutuhan manusia yang tidak terjangkau suplay PLN.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriani. 2018. *Perancangan Pembangkit Listrik Kincir Angin Menggunakan Generator Dinamo Drillini Terhadap Empat Sumbu Horizontal*. Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makasar, Indonesia: Makasar.
- Bahari, Syamsul. 2015. *Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk Pakedai Kabupaten Kubu Raya*. Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjung Pura: Tanjung Pura.
- Buyung, Surianto. 2017. *Perancangan Sudu-Sudu Pembangkit Listrik Tenaga Angin tipe Savonius Mini*. Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Diploma IV, Politeknik Katolik Saint Paul Sorong: Sorong.
- Joni, Alpensus. 2013. *Pemanfaatan Motor Induksi Satu Fasa Sebagai Generator*. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma: Yogyakarta.
- Lubis, Sudirman. 2018. *Analisa Tegangan Keluaran Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Energi Listrik Alternatif*. Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara: Sumatera Utara.
- Lubis Syahrizal dan Syamsul Amien. 2014. *Analisis Pengaruh Beban Terhadap Karakteristik dan Efisiensi Generator Arus Searah Penguatan Kompon Kumulatif dan Kompon Differensial*. Konsentrasi Teknik Energi Listrik, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara: Indonesia.
- Nawawi, Ibrahim dan Bagus Fatkhurrozi. 2017. *Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Kecil Pada Bangunan Bertingkat*. Fakultas Teknik, Universitas Tidar: Magelang.

- Padmika, Made. I Made Satriya Wibawa dan Ni Luh Putu Trisnawati. 2017. *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Ventilator Sebagai Penggerak Generator*. Jurusan Fisika, Universitas Udayana: Bandung.
- Saputra, Wan Novri. Dikpride Despa, Noer Soedjarwanto dan Ahmad Saudi Samosir. 2014. *Prototype Generator DC Dengan Penggerak Tenaga Angin*. Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung: Lampung.
- Setiono, Puji. 2006. *Pemanfaatan Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Pendidikan Teknik Elektro, Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang: Semarang.
- Yunginger, Raghel. Nawir dan N Sune. 2015. *Analisis Energi Angin Sebagai Energi Alternatif Pembangkit Listrik di Kota Gorontalo*. Universitas Gorontalo.